DIE ENTWICKELUNG DER PHLOGISTONTHEORIE UND DER SAUERSTOFFTHEORIE BIS LAVOISIER

INAUGURAL-DISSERTATION ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE,
GENEHMIGT VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

VON
CHARLOTTE SAECHTLING, GEB. POLITZER
AUS MÄHRISCH-OSTRAU, TSCHECHO-SLOVAKEI

TAG DER MÜNDLICHEN PRÜFUNG: 21. JULI 1932.
TAG DER PROMOTION: 12. JULI 1933.

461

Referenten :
Prof. Dr. LOCKEMANN
Prof. Dr. SCHLENK

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

INHALTSANGABE.

Einleitung.

Alter der Chemie. Verschiedene Zielsetzungen bis in das 17. Jahrhundert. Anfang der Chemie als Wissenschaft mit der Erkenntnis der eigentlichen Aufgabe. Allgemeiner Aufschwung der Wissenschaften. Gelehrte Gesellschaften. Zentrale Frage der Chemie: Verbrennungsprozesse. Fehlen einer einheitlichen grundlegenden Theorie. Ansätze zu zwei Erklärungsweisen. Gleichzeitiges Auftreten Bechers und Mayows. Becher knüpft an die traditionellen Anschauungen an, Mayows mehr spekulatives System ist durch das Experiment kaum zu erhärten.

Allgemeine Verbreitung der Theorie, die den Verhältnissen am besten angepasst ist. Mängel der Phlogistontheorie, die sie von Anfang an mit sicht trägt. Neben der phlogistischen Richtung läuft, sie oft überschneidend eine andere Auffassung. Aufgabe vorliegender Arbeit: beide Theorien von ihren Anfängen bis zu ihrer Verschmelzung zu schildern. Eigehen auf die Annahme des negativen Gewichtes.

Erster Teil.

Die Entwicklung der Phlogistontheorie von ihren Anfängen bis zu Lavoisier.

Robert Boyle. Kurze Übersicht der Elementenlehre, von Aristoteles bis Boyle. Betonung der Wichtigkeit des Experimentes für die chemische Forschung. Anregung der Forschungsrichtung durch Boyle. — Grundlagen der Phlogistontheorie. Becher. Annahme von drei Erdarten. Eigenschaften der „terra pinguis". Stahl. Entwickelung des Begriffes Phlogiston. Einheitliche Erklärung verwandter Erscheinungen. Bekanntheit mit den qualitativen Vorgängen bei der Verkalkung. Erklärung dieser Erscheinung bei Stahl und seinen Schülern.

Verbreitung der Phlogistontheorie. Volle Anerkennung durch Kaspar Neumann, Pott, Eller. Modifikationen unwesentlicher Art von Friedrich Hofmann. — Widerspruch von G. F. Stabel, Boerhave, Markgraf. — Verbreitung der Theorie in Frankreich. Macquer. J. Black. Untersuchung über den Kalk und die Vorgänge beim Kalkbrennen. Wichtigkeit der angewandten Arbeitsmethode. — Streit zwischen Black und Meyer. Theorie vom „acidum pingue". — Anhänger Blacks. Theorien der Aetzbarkeit. — Wärmelehren. Blacks, entdeckung der latenten Wärme.

J. Priestley. Seine Auffassung der Vorgänge bei den

phlogistischen Prozessen. Methode der Luftverbesserung durch Schütteln mit Wasser. — Ansichten über die Gase. Priestleys Meinung über das Phl. — Die Entdeckung des Sauerstoffs. Priestleys Arbeiten über die brennbare Luft. Unklarheit über das wahre Wesen dieser Luftart. — Entdeckung der Wasserzusammensetzung. Die Arbeit von Cavendish, Watt. Ablehnung ihrer Befunde durch Priestley. Seine Argumente gegen die neue Lehre. — Letzte Verteidigung der Phl. theorie.

Aenderungen in dem Begriff des Phlogiston. T. Bergmann. — C. W. Scheele. Seine Auffassung über das Phl. Es ist ein einfacher Körper, mit dem Lichte nicht identisch und bildet mit reiner Luft die Wärme. — Ablehnung dieser Ansichten z. B. durch Kirwan. Festhalten Scheeles an der Phl.-Theorie. — R. Kirwan verteidigt die Ansicht, Phl. sei mit der brennbaren Luft identisch. Argumente gegen die neue Lehre Lavoisiers. Kirwans Ansicht über die Säuren, Kalke. Einsicht der Unhaltbarkeit der alten Lehre, teilweise Anerkennung der neuen. — C. A. Gren. — J. Wilcke. Arbeiten über die spezifische Wärme. Unwahrscheinlichkeit der Annahme, Wilcke hätte die Anregung zu seiner Arbeit von Black erhalten. — A. Crawford. Annahme der Kapazitätsänderung als Ursache für die bei chemischen Reaktionen auftretende Wärmetönung.

Kompromisslösungen zwischen der Phlogistontheorie und den neuen Anschauungen. Geringe Durchschlagskraft der quantitativen Beweise. Experimentelle Schwierigkeiten, überzeugend genaue Versuche anzustellen. Falsche Auslegung richtiger Experimente, z. B. Priestley. (Verwechslung von CO und H2). Verwirrungen, die diese Annahme stiftete. Klärung der Lage durch Cruikshank von Woolwich. — L. Gmelin. Gründe für das Phlogiston, Argumente gegen das System Lavoisiers. — Gadolin. — Verschiedene Ansichten über das Phl. — De la Métherie. Ansichten, die neue Lehre enthalte den Begriff des Phl., und habe nur dessen Namen geändert. — C. A. Gren. L. von Crell. — Natürliche Entwicklung des neuen Systems aus dem alten. Das Phl. wird zum Calorique. Allmähliches Durchsetzen der neuen Ansichten.

Zweiter Teil.

Die Erklärung der Phlogistiker für die Gewichtszunahme der Metalle beim Verkalken, mit besonderer Berücksichtigung der Hypothese vom negativen Gewicht.

Allgemeine Einteilung der Erklärungsweisen, die bei der Gewichtszunahme der Metalle herangezogen wurden: a) Zutritt materieller Teilchen beim Verkalken, b) Verwechslung des absoluten und spezifischen Gewichtes, c) Entweichen des negativ-schweren Phl.

Irrtümliche Annahme, das Phl. wäre allgemein oder auch nur häufig als ein Körper mit „negativer Schwere“ angesehen worden. — Chardenon. Entwickelt seine Lehre zwar auf richtigen physikalischen Grundlagen, verwechselt aber absolutes und spezifisches Gewicht. Angriff und Verteidigung seines Systems. — S. Rinmann. H. T. Scheffer. Keiner von beiden spricht vom nega- S 7.

tiven Gewicht. — G. de Morveau. Ebenfalls Verwechslung des abs. und spez. Gewichtes. Rezension der Arbeit. Eigenartige Schlussfolgerungen des Rezensenten. S. 9
Forscher, die das negative Gewicht des Phl. annahmen. — C. F. Daniel nimmt ein zarteres, negativ schweres, und ein gröberes materielles Phl. an. — C. A. Gren nimmt auf Grund logischer Überlegung und Versuche (Fordyce) die negative Schwere des Phl. an. Widerlegung seiner Ansichten durch Langsdorf und K. F. Hindenburg. Langsdorf bestreitet zwar nicht, dass die negative Schwere als Denkmöglichkeit annehmbar wäre, zeigt aber gleich durch das Experiment die Unhaltbarkeit der Hypothese. Hindenburg weist auf die Irrtümer der Überlegungen Grens und auf die irrtümliche Deutung des Fordyce schen Versuches hin. Abkehr Grens von seiner Annahme. — Wiegleb. Ist nur kurze Zeit Anhänger dieser Theorie. — Hildebrandt nimmt das negative Gewicht für die Wärme in Anspruch, um ihre Fähigkeit, Körper zu verflüchtigen, erklären zu können. S. 14.

Dritter Teil.

Die Entwickelung der Sauerstofftheorie, von ihren Anfängen bis zu Lavoisier.

Alter der Ideen, die zur Sauerstofftheorie führen. — Überblick über die Entwickelung der Gaschemie. S. 21.
Vorläufer der Sauerstofftheorie vor Aufstellung der Lehre vom Phl. — J. Rey. Erklärung der Gewichtszunahme beim Verkalken durch Zutritt von Luft an den Metallkalken. — Englische Chemiker. — Th. Willis. Wärmeerzeugung durch die Mitwirkung salpetriger und schwefliger Teilchen. — R Hooke. Die Luft als Lösungsmittel. Sie enthält eine salpeterähnliche, wirksame Substanz. — J. Mayow. Vollständigster Ausbau der Lehre von den salpetrigen Luftteilchen. Auch die Säurebildung wird mit ihrer Mithilfe erklärt. Einfluss der Corposculartheorie. S. 23.
R. Bathurst. Lebenslauf. Auftreten schon vor Mayow. Ausführung über die Atmung und die wesensverwandte Verbrennung. In beiden Fällen spielt ein salpetriger Bestandteil der Luft die ausschlaggebende Rolle. — K. Digby. Annahme des salpetrigen Luftbestandteils. — R. Boyle. Erhält dieselben experimentellen Ergebnisse wie Mayow, geht jedoch in seinen Schlussfolgerungen weniger weit. S. 27.
Autoren, deren Arbeiten unter der Anregung Mayows entstanden, oder die von seinen Anschauungen beeinflusst worden sind. — H. Mund. — N. Pechlin. — L. M. Barbieri. Einbeziehung physiologischer Vorgänge, die mit Hilfe des Spiritus nitro-aereus erklärt werden. — J. Bernoulli. Verwirft alle unbestimmten „Teilchen", und führt alle Erscheinungen auf mechanistische Vorgänge zurück. — D. Duclos. Nimmt ebenfalls den Zutritt materieller Teilchen aus der Luft als Ursache der Gewichtsvermehrung an. S. 34.
Die Gründe dafür, dass diese Auffassung der Verbrennung ohne tiefer greifende Folgen blieb: Hemmender Einfluss philosophischer Systeme (Descartes). Unentwickeltheit

der Gaschemie. Mangelnde Schärfe in der Erkenntnis vom Gewicht, Masse usw. Einfluss der Autorität. S 38.

Vorläufer der Sauerstoff-Theorie nach Aufstellung der Phl. Theorie. — M. W. Lomonossow. Wiederholung der Boyleschen Versuche, aus denen Lomonossow die Folgerung zieht, dass die Luft beim Verkalken teilweise an das Metall tritt, daher die Gewichtsvermehrung. — L. Beraud. Beim Verkalken treten Teilchen unbestimmter Natur, die schwerer als die Luft sind, an das Metall. Klare Enkenntnis, dass ein Zuwachs des absoluten Gewichtes nur von einer Zunahme an Materie herrühren kann. — Einwände Chardenons gegen diese Theorie. Gegenerwiderungen. — P. Bayen. Versuche mit Quecksilberkalk, deren Ergebnis zu Zweifeln an der Phl. Theorie führen. Darstellung des Gases, das die Verkalkung bewirkt, ohne das wahre Wesen dieses Gases zu erkennen. — D. Rutherford. Auf Grund von Experimenten wird die Ansicht geäussert, Lebensluft sei das Säureprinzip.

Beurteilung der Phl.-Theorie in der Neuzeit. — H. Kopp betrachtet die Phlogistik in ihrer durch die Entwickelung bedingten Rolle, die sie erfüllt hat. — H. de Sainte-Claire Deville setzt das Phl. gleich der latenten Wärme. — Volhard. Phl. und latente Wärme sind der chemische und physikalische Wärmebegriff. Eingehen auf die Notwendigkeit, dass Stahl beim Schaffen der Phl. Theorie die Gewichtsverhältnisse vernachlässigen musste. — Odling: Das Phl. ist nichts anderes, als die potentielle Energie. In diesem Sinne kann man von einer neuaufgelebten Phl.-Theorie sprechen. — G. Kahlbaum befasst sich hauptsächlich mit den Auseinandersetzungen der letzten Phlogistiker mit der neuen Lehre. — O. Ohmann fasst das Phl. als denjenigen Bestandteil auf, mit welchem die Phlogistiker die energetische Seite der chemischen Vorgänge erklärt haben, ohne den Energiebegriff jedoch schon konzipiert zu haben. — E. Färber betrachtet ebenfalls den Energiebegriff als denjenigen, der den Chemikern der Phlogistik beim Festhalten an dem hypothetischen Stoff vorgeschwebt habe.

Schluss.

Kurze Übersicht der Arbeit. Die Phlogistik als notwendige Zwischenstufe in der Reihe der chemischen Entwickelung.

Der erste Teil wurde mit Rücksicht auf den grossen Umfang nicht gedrukt. Der Aufbau ist aus dem Inhaltsverzeichnis ersichtlich.

Die kleingedruckten Teile sind gegenüber dem Manuskript stark gekürzt.

ZWEITER TEIL.

Die Erklärung der Gewichtszunahme der Metalle beim Verkalken bei den Phlogistikern, mit besonderer Rücksicht auf die Hypothese vom negativen Gewicht.

Erklärungsweisen der Gewichtszunahme der Metalle beim Verkalken.

Es wäre irrtümlich anzunehmen, die Erkenntnis, dass die Metallkalke beim Kalzinieren an Gewicht zu- und nicht abnehmen, wie man nach der Phlogistontheorie erwarten könnte, hätte dieser Lehre den ersten entscheidenden Stoss gegeben. Die Phlogistiker kannten dieses Phänomen genau, sogar schon früher war es beobachtet worden. Sie fassten jedoch die Erscheinung nicht, als im Widerspruch zu ihrer Lehre stehend auf, ja sie beachteten sie weder sonderlich, noch bemühten si sich um eine Erklärung. Dies trifft besonders für diejenigen zu, die noch an der Entwickelung und Verbreitung der Theorie tätigen Anteil nahmen. Häufig trat die Meinung auf, die Wärmematerie wäre vom Metallkalk verdichtet worden und verursachte die Gewichtszunahme *(Boyle, Homberg, Lemery und Becher)*. Auch gröbere Materie, und zwar von dem Gefäss, in dem die Verkalkung vor sich ging, wird zur Erklärung herangezogen (z. B. bei *Boerhave)*. Sulphuröse Teilchen von nicht näher definiertem Charakter treten nach Ansicht von *Hales* und D. *Duclos* an die Metalle heran, wenn sie verkalkt werden; eine kleine Gruppe von Forschern kommt unseren heutigen Anschauungen schon gleichzeitig mit dem Beginn der Phlogistik nahe. Das gemeinsame dieser Erklärungsweisen ist, dass sie die Gewichtszunahme von einem *materiellen* Bestandteil (die Wärme war damals ja auch Materie) herleiten.

Eine andere Art der Erklärungen beruht eigentlich auf einem Trugschluss: auf der *Verwechslung des absoluten und*

spezifischen Gewichtes. War dies beim ersten Auftreten der Theorie sehr leicht erklärlich (denn die Begriffe von Masse, Gewicht, Schwere, Zusammenhänge zwischen Volumen und Dichte warens noch ungeklärt), so finden wir diesen Irrtum auch noch viel später, was vielleicht damit zusammenhängen mag, dass die Chemiker des 18. Jahrhunderts noch nicht in dem Maasse wie heute in der Physik bewandert waren. Diesen Irrtum begingen deshalb viele von ihnen. Sie werden mit einer anderen, sehr schwach vertretenen Gruppe zusammengeworfen, wie wir sehen werden, sehr zu *unrecht,* die die Gewichtsvermehrung der Metalle darauf zurückführt, dass das Phl. ein *negatives Gewicht* habe, also bei seinem Entweichen das Metall mit einem grösseren Gewicht, als Metallkalk, zurücklässt. Dies ist die „berüchtige Annahme" (H. *Kopp*), die als der grösste Irrsinn der Phlogistik angeprangert wird.

Wir werden sehen, dass die meisten der als hierher gehörig bezeichneten Chemiker diese Annahme *nicht* voraussetzten, dass sie zwar eine irrtümliche, aber den allgemeinen Gesetzen keineswegs widersprechende Erklärung gaben, dass die Quelle ihres Irrtums eben die *Verwechslung des spezifischen und des absoluten Gewichtes* war. Andererseits ist aber auch die Annahme des negativen Gewichts zu der damaligen Zeit kein so absurdes Hirngespinst, wie es uns heute erscheinen muss. Aber diese Annahme wurde selten gemacht. Es ist keineswegs so, dass die Phlogistiker unbedenklich immer wieder zu dem negativen Gewicht, der „Leichte" des Aristoteles gegriffen hätten.

Schon L. *Gmelin* zählte *Rinmann, Scheffer, Guyton* de *Morveau, Daniel, Chardenon, Gren* als Anhänger der Ansicht auf, das Phl. habe ein negatives Gewicht (82, Crells Annalen, Gmelin, „Winke an seine Zeitgenossen"). Aber auch der sonst so gründliche H. *Kopp* begeht den Irrtum, als Anhänger der fraglichen Ansicht auch solche anzuführen, die diese Anschauung *nicht* hatten. So schreibt *Kopp* in der „Geschichte der Chemie". (I. Bd. III. S. 149.) „... So schrieb schon H. Th. *Scheffer* in den Abhandlungen der Stockholmer Akademie für 1757 dem Phl. negative Schwere zu, und derselben Annahme bediente sich der Dijoner Akademiker *Chardenon,* um die Gewichtszunahme der Metalle bei der Velkalkung zu erklä-

ren." Was die beiden angeführten Forscher eigentlich annahmen, wird aus der weiteren Ausführung klarer hervorgehen.

Am deutlichsten erhellt die eigentliche Auffassung aus dem (in den meisten Fällen) erläuternd angeführten Beispiel: so wie der zum Wasser relativ leichte Kork, an einem im Wasser befindlichen Körper befestigt, diesem Körper einen Auftrieb verleiht, ebenso gibt das Phl., das *leichter als die Luft* (also nicht negativ schwer!) ist, den in der Luft befindlichen Körpern einen „Auftrieb". Wenn die Körper also das Phl. verlieren, werden sie schwerer, sowie ein Körper im Wasser untersinkt, wenn man das Korkstück von ihm trennt. Dieser, aus der Hydrostatik bekannte Satz wird also einfach übertragen, ohne zu berücksichtigen, dass ja mit dem Anhängen des Korkes sich das Volumen wesentlich vergrössert hat, also die Dichte kleiner geworden ist, während beim Metall gerade der mit dem Phl. („Korken") versehene Körper der dichtere ist; ganz abgesehen davon, dass sich bei der Verkalkung Volumen- und Dichteänderungen von viel zu kleinen Dimensionen abspielen, als dass sie eine derartige Veränderung des Gewichtes verursachen könnten!

Theorien die auf einer Verwechslung des absoluten und spezifischen Gewichtes beruhen.

Eine sehr ausführliche Darstellung seiner Ansichten gab der Dijoner Akademiker *Chardenon,* die sich einerseits mit der anderen Auffassung auseinandersetzt (*Chardenon* polemisierte gegen Laurent *Béraud,* der in einer 1748 erschienenen Schrift die Gewichtsvermehrung beim Verkalken auf das Verdichten ponderabler Luftteile zurückführt) und ihre Unhaltbarkeit zu beweisen sucht, andererseits seine eigene Theorie an deren Stelle zu setzen bestrebt ist. *Chardenon* geht von den allgemeinen Begriffen aus: „C'est un principe généralement adopté que la pésanteur absolue d'un corps ne peut être augmentée que par l'addition de nouvelles parties de matière. La loi des contraires indique donc qu'il ne peut devenir plus legère que par la soustraction de ces mèmes parties. Mais comme il n'est pas possible de se prèter à ces idées d'addition et de soustraction démentis par la raison et l'expérience, on

est forcé d'écarter un principe dont l'application indéfinie formait peut-être le plus grande obstacle à la découverte de la vérité, et de chercher par un autre voie le cause de ce phénomène." (40, Mémoire de Chardenon.)

Die Schwerkraft wird fast allgemein als primäre Eigenschaft angesehen. Doch folgt hieraus nicht, dass die verschiedenen Teilchen die *gleiche* Schwerkraft besitzen. Je mehr Teilchen von grosser Schwerkraft in einem bestimmten Volumen eines Körpers vorhanden sind, um so grösser ist seine Schwere, d. h. um so mehr strebt er lotrecht dem Erdmittelpunkt zu. Die leichten Teile haben dieses Bestreben in viel geringerem Maasse, d. h. der Körper erscheint leichter. *Chardenon* verwahrt sich dagegen, dass er dieses „leichter sein" einer Qualität der Leichtigkeit zuschreibe: „d'après cet exposé, je ne pense pas que l'on puisse m'accuser de regarder avec *Aristote* la légerté comme une qualité particulière, puisque je ne la considère que comme une moindre pésanteur".

Die leichten Teilchen werden also, sich erhebend, ein Medium suchen, mit dem sie in Gleichgewicht sind. Werden sie in einem Körper festgehalten, so wird soviel Schwerkraft vernichtet um wieviel ihre Schwerkraft weniger als die der Luft, ist. Um dies anschaulich zu machen, wählt er den Vergleich mit einer Angelschnur, an deren Bleiteilen Kork befestigt wird. Je mehr Kork, um so weniger wird das Blei dem Grunde zustreben. Bei dem Verkalken wird den Körpern das Phl., „cette partie tenue et fugace" entzogen, bei der Reduction wieder gegeben. Nehmen wir an, dass das Phl. in der Luft dasselbe bedeute, wie der Kork im Wasser, so hat man ein Mittel gefunden, die Gravitation zu erhöhen oder zu vermindern, je nach Wegnahme oder Zugabe von Phl.

Diese Theorie, sagt *Chardenon,* ist auf die einfachsten statischen Gesetze gegründet, und wir brauchen nur unsere Sinne zu Hilfe zu nehmen, um uns zu überzeugen, dass die Feuermaterie sich in der Luft verhält wie der Kork im Wasser. Als Stütze führt *Chardenon* noch an, dass das Eisen an der Luft, ohne Einwirkung des Feuers, in Rost, also einen wirklichen Kalk, verwandelt werde. Die Luft allein hat hier, durch eine Art von Lösungsprozess, das Phl. entfernt. *Chardenon* versuchte auch, die Menge des Phl. quantitativ zu bestimmen.

Diese Deutungen wurden angegriffen (in derselben Schrift, die die Ansichten *Berauds* verteidigte). *Chardenons* Begriff von Phl. sei nicht der richtige, denn Phl. sei *nicht* das fixierte Feuer, sondern die Materie der Entzündbarkeit. Ebenso sei es unrichtig zu behaupten, das Feuer strebe nur in die Höhe, da es sich offensichtlich nach allen Seiten ausdehnt. (Unter einem heissen Körper ist es ebenso warm, wie über ihm.) Der grundsätzliche Fehler des Systems, die Verwechslung des absoluten Gewichts mit dem spezifischen, wird jedoch nicht angegriffen.

Chardenon verteidigt seine Anschauungen. Er fühlt sich zwar in dem Punkte angegriffen, dass der Abgang des Phl. das Gewicht vermehre, jedoch nicht, dass seine Anwesenheit die Gravitation vermindere. Das Phl. ist zwar nicht das aktive Feuer, aber „c'est le feu en puissance, c'est le feu enchainé par une matière très subtile". Und gerade durch die sehr grosse spezifische Leichtigkeit ist es möglich, dass Phl. eine so grosse Aufwärtsbewegung verursacht, deren Fehlen sich dann als so beträchtlich vermehrtes Gewicht verrät. Doch gibt *Chardenon* zu, dass vielleicht nicht alle Erscheinungen auf *dieser* Grundlage allein beruhen. Es könnte auch die Erdanziehung selbst wechseln, so wie die magnetischen Kräfte (Sonderfall der Erdanziehung) mit dem Phl.-Gehalt im Eisen sich verändern. Stahl zieht den Magneten an, Eisenoxyd nicht. „Peut-ètre la force attractive de la terre s'augmentoit encore par la dénudation des substances sur lesquelles elle a plus de prise: la force de l'attraction n'est pas différent de la force magnétique et l'on sait que l'aimant attire... le fer. Le fer lui mème dès qu'il a perdu son phlogistique, cesse d'être soutenu par le'aimant."

Es war notwendig, die Theorie *Chardenons* so ausführlich darzustellen; denn ähnliche Gedankengänge wurden auch vielfach sonst verfolgt. So schreibt Sven *Rinmann* (1720—1792), der ebenfalls unter die Verteidiger des negativen Gewichts gezählt wird, in der „Geschichte des Eisens" (63, Sven Rinmann): „Dass das Phl. als die leichteste unter den bekannten Flüssigkeiten und vielmals leichter als die Luft, zur Leichtigkeit der Körper ansehnlich beitragen müsse, wenn es wie bei den Metallen, besonders beim Eisen häufig vorhanden sei... auf die Art als ein Stück Kork an

einem schweren Körper befestigt, das Sinken desselben im Wasser verhindert oder doch erschwert, welches nach Trennung des Korks schnell erfolgt."

Es sind also ganz ähnliche Anschauungen, wie sie *Chardenon* verficht. Die Begründung ist insofern schwächer, als sie sich auf der „allgemeinen Anschauung" über die Kalzination aufbaut, und diese Grundlage nicht so sicher wie die physikalische *Chardenons* ist. Diesen Argumenten konnte nie eine so grosse Beweiskraft zugebilligt werden, wie den nie bezweifelten evidenten Gesetzen der Physik.

Wenn man den Angaben *Kopps* (s. o.) nachgeht und den von ihm angeführten Band der schwedischen Akademie der Wissenschaften durchsieht, so findet man darin nur *eine* Abhandlung von H. Th. *Scheffer* (1710—1759). Sie muss also die fragliche sein. Doch enthält sie keine Aeusserung, die darauf schliessen liesse, *Scheffer* habe dem Phl. negatives Gewicht zugeschrieben. Der Gegenstand der Abhandlung ist eine Berichtigung der Arbeiten *Lewis*, über die Schwere des neuen Metalls, Platina di Pinto. Hierbei sagt *Scheffer* an einer Stelle: „... ich habe über hundertmal gefunden, dass die Versuche ihr Gewicht nach eben dem Maasse vermehren, nachdem sie das Phl. verlieren, und gegenteils ihr Gewicht nach dem Maasse vermindern, nachdem sie Brennbares mit sich vereinigen." Eine ausdrückliche Aussage über das negative Gewicht findet sich also hier nicht. Dass diese Beobachtung auch anders gedeutet werden kann, sahen wir bei *Chardenon.*

In *Scheffers* „Chemischen Vorlesungen über Erdarten, Salze..." aus dem Schwedischen übersetzt von Chr. E. *Weigel* (Greifswald, 1779), findet man auch keinerlei weitere Angaben, die für die Annahme der negativen Schwere sprechen würden. — T. *Bergmann,* der Kommentator des Werkes, macht folgende Anmerkung: „Herr de *Morveau* behauptet, weil das Brennbare leichter als die Luft sei, so müsse die Gegenwart desselben in den Metallen deren Schwere vermindern (wie Eisen, durch angebundenen Kork, zum Schwimmen im Wasser gebracht werden kann), und die Absonderung desselben bei den Kalken den Zuwachs am Gewicht verursachen." — *Bergman* selbst scheint also die Versuche *nicht* in dem wirklichen Sinne als Stütze für das negative Gewicht

angesehen zu haben. Um so eifriger beriefen sich auf H. Th. *Scheffer* alle, die später ebenfalls ähnliche Annahmen machten, und auch die, die wirklich noch ein Prinzip der „Leichtigkeit" in dem Phl. sehen wollten.

Auch *Guyton* de *Morveau* wird in all den Fällen angeführt, wo von den Verteidigern des negativen Gewichts die Rede ist. Lesen wir aber die Recension seiner Doctrin, die in den „Observations sur la physique" (44, G. de Morveau) erschienen ist, so wird klar, dass er zu derselben Gruppe wie *Chardenon* und *Rinmann* gehört.

Unter Flüchtigkeit versteht *Morveau* den Unterschied in der Schwere zwischen dem Körper und seinem Medium, in dem er sich befindet: „... L'excès de gravité du milieu sur celle du corps volatil". Das Phl. verleiht den Körpern, mit denen es sich verbindet einen Auftrieb. Und da die Luft das leichteste aller Medien ist, so muss das Phl. als noch leichtere Materie *wesentlich* leicht sein. Das Quecksilber z. B. ist durch die Hitze verflüchtigbar. Aber das Phl. ist „essentiellement". dem Wesen nach, leicht. Dass trotz dieser verwirrenden Angaben es sich hier nicht um eine aller Schwere beraubte Materie handelt, zeigt ein angeführtes Beispiel. Gegeben sind zwei ausbalancierte Bleikugeln. Wird ein Stück Kork an die eine gehängt, so wird sie schwerer. In ein dichteres Medium, z. B. Wasser gebracht, wird sie leichter.

Der Recensent der Arbeit weist auf die Volumverhältnisse hin. Nur solange man sie vernachlässigt, sind die Folgerungen *Morveaus* richtig. „M. de *Morveau* ne compte pour rien la différence que l'on remarque en pésant dans l'air et puis dans l'eau, par rapport au changement de volume" (44, Morveau, S. 285). Denn wird das Volumen grösser, so wird das spezifische Gewicht kleiner. Auf diese Weise kann ja selbst Gold, das schwerste aller Metalle, auf dem Wasser schwimmen, wenn es als Goldfolie eine genügend grosse Oberfläche besitzt! Wäre das Phl. wirklich wesentlich leicht, so müsste es sich langsam und unaufhaltsam von der Erde verflüchtigen. — Im Gegensatz zu *Morveau* müsse man eher folgern, dass Phl. der schwerste aller Körper sei. Kann man sich etwas schwereres als das kompakte fixierte Feuer vorstellen? Es durchdringt alles, auch die dichteste Materie, verflüchtigt Stoffe, die jedem anderen Agens widerstehen. Und da „la

pésanteur absulue d'un corps ne peut être que son attraction" (44, S. 288), so folgt, dass Phl. dank seiner überaus grossen Anziehung zu den verschiedensten Körpern, die schwerste aller Materien sei, wenn als die Schwere die Bestrebung des Körpers, sich mit den anderen zu verbinden, betrachtet wird.

Der Rezensent geht sogar so weit, die Existenz des Phl. in Zweifel zu ziehen. „Il ne serait peut-être pas impossible de démonstrer, que tout ce que les chimistes ont avancé au sujet de ce nouveau (?) principe, est entièrement dénué de fondament."

Forscher, die das Phlogiston als negativ schwer ansachen.

Zu denen, die im Phl. wirklich ein „leichtes Prinzip", einen schwerelosen Körper sahen, gehört Christian Friedrich *Daniel* (1753—1798, Arzt zu Halle). Er veröffentlichte 1777 sein Werk „Versuche einer Theorie, die wichtigsten unter den Beobachtungen aus der Naturlehre betreffend, die man zum Teil durch fixe oder fette Säure zu erklären bemüht war". (Halle.) — *Daniels* Gedankengänge sind: da Weingeist aus Wasser+brennbarem Prinzip besteht und er vollkommener aber auch leichter wird, wenn das Brennbare an Konzentration zunimmt, so muss das Brennbare ein schwereloser Körper sein und durch seine Anwesenheit die Leichtigkeit verursachen. Immerhin zieht er Konsequenzen aus dieser Annahme: „Weil ein jeder Körper Schwere besitzt, so muss das Brennbare kein Körper sein; weil es aber doch in Körpern angetroffen wird, so können wir es das leichte oder brennbare Principium nennen" (48, Daniel, S. 66). Er nimmt also das Phl. auf Grund dieser Schwerelosigkeit aus der Reihe der Materien und setzt es in die Kategorie der Prinzipien. Dieses fast instinktive Zurückschrecken davor, eine Materie von dem allgemeinen Besitz der Schwere auszuschliessen, finden wir auch bei anderen Verteidigern des Phl. So sagt *Westrumb*, einer der treuesten Anhänger der Lehre: „Wer vermag sich das Phl. so in abstracto zu denken — als Materie ohne Gewicht! — Als ein Nichts und doch als ein Etwas! Ich vermags nicht".

Die Verkalkung der Metalle geht, nach *Daniel*, ähnlich wie das Kalkbrennen vor sich: „Da das Feuer bei den ge-

meinen Kalken dazu dient, dass es dem Kalke Brennbares nähert, so muss dies auch hier geschehen". Das Metall schmilzt. Ein Beweis, dass die flüssige Natur der Körper vom Brennbaren abhänge. Wird das Feuer verstärkt, so verkalkt das Metall, nur darf das Feuer nicht *zu* stark werden, denn sonst verbraucht es Brennbares für seine eigene Nahrung und entzieht es dem Metallkalke (48, Daniel, S. 93).

Eine eigenartige Folgerung *Daniels* ist: die Vermehrung des Phl.-gehaltes verwandelt die flüssigen Metalle in Pulver; ebenso wandelt sich das an und für sich Phl.-haltige Wasser bei langem Kochen, durch Aufnahme von Brennbarem, in ein Pulver, d. h. Erde! (48, Daniel, S. 94.)

(Die Annahme, Wasser könne bei langem Kochen in Erde umgewandelt werden, war eine sehr alte und immer wieder tauchte sie auf. So grosse Chemiker wie *Scheele* und *Lavoisier* stellten Versuche an, um die Richtigkeit dieser Behauptung zu prüfen. Ihren Eigenarten entsprechend, löste *Scheele* dies Problem auf qualitative, *Lavoisier* auf quantitative Weise.)

Um dem Phl. auch materielle Fähigkeiten zuschreiben zu können, nimmt *Daniel* neben diesem leichten Brennbaren auch ein gröberes schwereres sulphuröses Phl. an. Die beiden können zusammen, aber auch von einander getrennt in den Körpern vorhanden sein. — *Daniel* kommt in seiner Bestrebung, sowohl die Ansichten *Blacks* als *Meyers* über die Aetzbarkeit des Kalkes durch richtigere Ansichten zu ersetzen, zu eigenartigen Resultaten. Die Metallkalke nehmen, seiner Ansicht nach, ebenso wie der Kalk, beim Brennen Phl. aus dem Feuer auf. Kalk ist also Metall + überschüssiges Phl. Reduzierend wirken dementsprechend diejenigen Substanzen, die dem Metallkalk das überschüssige Phl. entziehen können, so die Einwirkung grosser Hitze, da diese das Brennbare zu ihrer eigenen Nahrung verbraucht, ferner Kohlen, ungebrannter Kalk usw. — Das schwere Brennbare spielt auch die Rolle einer Universalsäure, die in allen Säuren die Basis bildet.

Daniel spricht seinen zwei Prinzipien (dem leichten eigentlichen Brennbaren und dem schweren oder sauren) allgemeinste Verbreitung zu. „So ist es sehr wahrscheinlich, dass sich alle Körper in beide Prinzipien auflösen lassen..." (48, S. 107.)

Eigenartig ist auch die Rolle des Brennbaren bei *Daniel*

insofern, als es alle Funktionen ausübt, die dem „Pabulum vitae“ zugeschrieben wurden. Die Nahrung der Tiere und der Planzen enthält das Brennbare als wesentlichsten Bestandteil, die Atmung hat den Zweck, der Lunge brennbares Prinzip zuzuführen und gleichzeitig das aus dem Blute ausgeschiedene gröbere Brennbare zu entfernen; hierdurch wird das Blut flüssig erhalten.

Die klarste und eindeutigste Formulierung fand die Hypothese vom negativen Gewicht bei Friedrich Albert Carl *Gren* (1760-98). Die Ansichten über diese Frage entwickelt *Gren* in seiner „Dissertatio inauguralis circa genesin aeris fixi et phlogisticati. 1786“. Klar spricht er seine Anschauung aus: „Incrementum ponderis absoluti in corpore quod in processibus phlogistis remanet a solo defectu phlogisti est derivandum“. Doch erklärt er diese Erscheinung nicht auf der Grundlage hydrostatischer Gesetze wie *Morveau* und *Rinmann*, sondern stellt die Hypothese auf: „Nonne vero si hae materiae non solum nulla gauderent gravitate, seu potius levitatem absolutem seu gravitatem negativam haberent; nonne efficerent, ut pondus absolutum aliorum corporum decresceret si illas ipsis coniungas? Nam si quantitas negativa subtrahitur quantitati positivae, haec tantundem augetur, quantum illa effecerat“ (65, Gren, S. 91).

Dass Phl. wirklich leicht sei, beweisen mehrere Tatsachen. Es besteht, wie das *Gren* auch an anderer Stelle ausführt (65. b, Crells Annalen), aus der Wärme und Lichtmaterie. Beides sind schwerelose Körper, die sogar im Toricellischen Vacuum in die Höhe steigen. Der Versuch des Engländers Georg *Fordyce* (1736—1802) setzt die Frage aber ausser jeden Zweifel. Dieser brachte eine genau gewogene Menge Wasser in geschlossenem Gefäss zum Gefrieren, wobei, nach *Wilcke*, eine grosse Menge Wärme in Freiheit gesetzt wird; es müsste also eine Gewichtsverminderung eintreten. Das Experiment zeigte aber nicht nur keinen Gewichtsverlust, sondern sogar einen kleinen Gewichtszuwachs.

Auch die Verminderung des Luftvolumens bei den phlogistischen Prozessen beruht auf der Aufnahme des absolut leichten Phl. Je reiner die Luft, um so mehr an Brennbarem kann sie aufnehmen; es entsteht die phlogistisierte Luft, natürlich ist sie leichter als die reine.

Mit seiner Annahme glaubt Gren nicht allein zu stehen und bezieht sich auf *Rinmann, Scheffer* und *Morveau*. Dass diese *nicht* dieselben Ansichten haben, geht aus dem Vergleich ihrer Erklärungen deutlich hervor. — Um dem Einwurf zu begegnen, das Phl. müsste sich bei Annahme der negativen Schwere ganz aus allen Körpern entfernen, erklärt *Gren*, es habe zu den Schwere-behafteten Körpern eine ausserordentlich grosse Affinität. Dass in einigen Fällen, trotz Abgabe des Phl. kein Zuwachs an Gewicht bemerkbar ist, beruht darauf, dass in diesen Fällen auch materielle Teilchen abgeschieden worden sind.

Die Schlussfolgerungen *Grens* werden uns weniger abwegig erscheinen, wenn wir den Standpunkt der Physiker in dieser Frage betrachten. Immer wieder wurde auf die Unerklärlichkeit des *Wesens* der Schwerkraft hingewiesen, so z. B. von J. *Reinbold Spielmann* (1722—1783). Und dass die *Denkmöglichkeit* auch anderen Vorstellungen als den unsrigen freistand, zeigt das Werk Karl Christian von *Langsdorfs* (1757—1934, Mathematiker und Technolog, Sohn des Salinenarchivars. Widmete sich mathematischen Studien, daneben hauptsächlich technologischen Fragen, vornehmlich das Salinenwesen betreffend. XXIV. Allg. Deutsche Biographie, Bd. 17, S. 691). — In einer physisch-mathematischen Abhandlung über Gegenstände der Wärmelehre (84, Langsdorf) versuchte er die Frage der negativen Schwere mit physikalischen Hilfsmitteln zu lösen.

Langsdorf lässt die Frage, ob die Schwerkraft der Materie eigentümlich sei oder in Form eines feinen *Schwerestoffes anhafte* (in Analogie zum Wärmestoff), unentschieden. Denn da es einen nicht isolierbaren, immer mit Materie verbundenen Wärmestoff gibt (was damals die vorwiegend angenommene Meinung war), so „müsste ... also auch einen eigenen Schwerstoff anzunehmen verstattet sein“ (84, Langsdorf, §. 48). Als „Schwerstoff mit negativem Vorzeichen“ könnte man sich dann auch einen Leichtstoff denken, dessen Teilchen bei der chemischen Verbindung (!) mit den Schwerstoffteilen, die Wirkung der letzteren vernichten würden.

Wenn diese Voraussetzungen gemacht sind, so ist damit eine vollkommene Aufhebung der einfachen Proportionalität zwischen träger Masse und schwerer Masse erreicht, die Ver-

änderungen der einen lassen nicht auf die Veränderungen der anderen schliessen, und es ist durchaus möglich, dass sich die Schwere vergrössert, während doch ein Bestandteil entwichen ist.

Da auf Grund der Unkenntnis über das Wesen der Schwere die Richtigkeit dieser Annahme nicht unmittelbar geprüft werden kann, zieht *Langsdorf* das Phänomen der Gewichtsvermehrung beim Verkalken der Metalle zur Klärung dieser Frage heran.

Er macht folgendes Experiment: Zwei Bleimassen A und B wiegen je genau zehn Pfund. Die eine Masse B wird verkalkt, sie nimmt dabei um 1/10 des Gewichtes zu, wiegt also jetzt elf Pfund. (Hierbei hat sich, wenn es sich wirklich nur um das Entweichen des Leichtestoffes Phl. handelt, an der Summe der *materiellen* physischen Teilchen nichts geändert; sie haben nur einen „Auftrieb" verloren.)

Von dieser verkalkten Bleimasse nimmt mann nun zehn Pfund, d. h. 10/11. Die Anzahl der Schwereteilchen ist in beiden Massen, A und B, da sie gleiches Gewicht haben, gleich gross. Die Anzahl der materiellen Teilchen ist jedoch in B nur 10/11 von A. Lässt man nun beide Körper von derselben Höhe herabfallen, so werden sie beide dieselbe Geschwindigkeit erlangen, denn diese wird von der Schwere bestimmt; das Produkt M (Masse) mal c aber wird in beiden Fällen verschieden, wenn sich die materiellen Teilchen, deren Summe M ist, in A und B in verschiedenen Mengen befinden. Ist diese Verschiedenheit nachzuweisen, so ist dies ein Beweis für *Grens* Hypothese.

Langsdorf machte diesen Versuch, konnte aber nur die Gleichheit der Grösse M. c für A und B feststellen, und verwarf die Theorie *Grens*. Man müsste zwar, meinte er, mit der Phl.-Theorie auch die Annahme eines negativen Gewichtes verbinden, denn nur so könnte das Problem der Gewichtszunahme erklärt werden. „In welche Verwickelungen man aber hierdurch gerät und wie sehr man zugleich sonst anerkannten Naturgesetzen Gewalt antun muss, ohne dennoch am Ende sich aus allen Verwickelungen herauswinden zu können, habe ich oben gezeigt" (84, Langsdorf, §. 176).

Kopp erwähnt *Langsdorf* bei Gelegenheit, wo er über die Hypothese des negativen Gewichts schreibt: „Aber in

Deutschland wurde die Unhaltbarkeit derselben (der Ansicht, dass Phl. negativ leicht sei) gleichfalls bald eingesehen; auch die Mathematiker nahmen sich der Sache an, und obgleich einige von ihnen, z. B. K. Chr. *Langsdorf* die Beilegung einer negativen Schwere von ihrem Standpunkt aus zu rechtfertigen suchte, zeigten andere, namentlich J. T. *Mayer* und Fr. *Hindenburg,* die Unzulässigkeit derselben mit siegreichen Gründen." — Wir sahen, dass zwar *Langsdorf* die prinzipielle Denkmöglichkeit einer absoluten Leichtigkeit nicht a priori leugnet, trotzdem aber zu derselben Ablehnung wie *Mayer* und *Hindenburg* kommt (I, Kopp, Bd. III, S. 151).

War die Annahme eines negativen Gewichtes zwar nicht undenkbar, so stand sie doch in einem derartigen Widerspruch zu allen Erfahrungen der Physik, dass die Physiker, ähnlich wie *Langsdorf,* eine entschieden ablehnende Haltung in dieser Frage annahmen. Zahlreiche Gegenargumente wurden angeführt. Der Professor der Mathematik an der Universität Leipzig, Karl Friedrich *Hindenburg* (1741—1808), Herausgeber des Archivs der reinen und angewandten Mathematik, hielt eine Rede „Oratio, qua ostenditur, calorem et phlogiston non esse materias absolute leves", die auch im Druck erschienen ist (1790). — Indem er die Unhaltbarkeit aller Argumente, die *Gren* als Stütze für seine Theorie angeführt hatte, nachweist, stürzt er auch die Lehre. Der Versuch *Fordyces* ist nicht beweisend, denn das Gefäss, in dem das Wasser gefriert, kühlt ab und verdichtet auf seiner Oberfläche Dämpfe der umgebenden Atmosphäre, daher die Gewichtszunahme! — *Fordyce* selbst zog übrigens den Schluss einer negativen Schwere *nicht!* Der wichtigste Einwurf ist jedoch der, den *Gren* auch der berühmte J. T. *Mayer* entgegenhält, dass die Pendel aus phlogistonhaltiger und phlogistonfreier Materie, unter sonst gleichen Bedingungen, eine ungleiche Schwingungzeit haben müssten. Das Experiment lässt keinerlei Unterschied bemerken! Aber auch die Fehlerquelle der *Gren*schen und ähnlicher Erklärungen wird aufgezeigt: *Hindenburg* weist auf die Vernachlässigung der Volumenverhältnisse hin: „In omni ponderatione corporum, diverso admodum caloris gradu affectum, ad duo potissimum et prae ceteris momenta respici debet maxima cum attentione, ad voluminis scilicet et densitatis aeris ambientis mutationem ..."

Die Tatsachen sind nicht zu leugnen, und *Gren* ist gezwungen, die Argumente anzuerkennen. Er versucht, sich durch eine Hilfshypothese aus der Klemme zu ziehen, indem er die Schwere in Gewicht und niedertreibende Kraft zerlegt. Nur die erste Komponente wird durch das Phl. verändert. Doch scheint selbst *Gren* diese Hifshypothese über das Maass des Erlaubten herauszugehen — sie würde das ganze Fundament der Physik umstossen — und so gibt er denn diese ganze Lehre vom negativen Gewicht „auf eine sehr rühmliche, bisher noch seltene Art" auf (70, Crells Annalen).

Auch bei Chemikern, die eifrige Vertreter der Lehre vom Phl. waren, fand *Grens* Hypothese wenig Anklang. So lehnte sie *Westrumb*, der sich keine Materie ohne Gewicht vorstellen konnte, ab; auch *Kirwan* fand sie bedenklich. — Die anderen, zu der Zeit herrschenden Annahmen, die den Gewichtszuwachs der Metalle beim Verkalken erklären sollten, nämlich das Verschlucken von Wasser, fixer oder Lebensluft, schienen ihm plausibler und hatten den Vorteil, ohne so gewagte Hypothesen auszukommen.

Neben *Gren* ist Joh. Chr. *Wiegleb* (1732—1800) Anhänger dieser Anschauung. In einer Darlegung der „verbesserten" *Stahl*-schen Lehre (73, Crells Annalen) sagt er, dass Phl. leichter als Luft und das leichteste aller Wesen sei. Die mit dem Phl. verbundenen Körper verlieren einen Teil ihrer Schwere und werden bei Entziehung des Phl. schwerer. Eine ausführlichere Begründung gibt er nicht. Dass die Lehre von ihren Verteidigern verlassen wurde, scheint ihm unerklärlich: „Seltsam aber genug, dass man ... dennoch diesen Begriff wieder aufgegeben hat" (47, Crells Annalen). *Wiegleb* kennt die Einwürfe der Physiker, und er zweifelt die Richtigkeit der Experimente auch nicht an, meint aber, man hätte aus den richtigen Versuchen *falsche* Schlüsse gezogen. Diese Ansicht äusserte *Wiegleb* 1791, *also nachdem Gren* seine Ansichten geändert hatte. Auch Wiegleb blieb ihnen nicht treu. Ein Aufsatz aus dem Jahre 1797 zeigt, dass er zwar dem Phl. treu geblieben ist, und es mit dem Lichtstoffe indentifiziert, aber die Gewichtsvermehrung sucht er nicht mehr mit der negativen Schwere, sondern mit dem Zutritt eines luftartigen Stoffes zu erklären (86, Crells Annalen).

Noch einmal erscheint die negative Schwere, als später

Nachzügler von kurzer Lebensdauer, diesmal nicht dem Phl. sondern dem Wärmestoff zugeordnet. *Hildebrandt* (76, Crells Annalen) sucht hierin die Erklärung für die Fähigkeit der Wärme, auf die Stoffe verflüchtigend zu wirken (1793).

Mit forschreitender Erkenntnis der Vorgänge bei der Verbrennung verschwanden diese Annahmen. Sie waren nicht nur unnötig, sondern sogar verwirrend und schädlich, indem sie die Einheitlichkeit der Attribute der Materie zerstörten; die Schwerkraft musste *aller* Materie, ohne Unterschied, zugeschrieben werden können.

DRITTER TEIL.

Die Entwickelung der Sauerstofftheorie von ihren Anfängen bis zu Lavoisier.

Schon früh, noch ehe sie sich ganz durchgesetzt hatte, wurde der neuen Lehre nachgesagt, ihre Ideen träten nicht ganz neu auf, sondern fänden sich schon in längst vergangenen Zeiten ausgesprochen. Das stimmt auch bis zu einem gewissen Grade. Wir finden Ansätze zu der Betrachtungsweise, wie sie die neue Lehre einführte, sowohl vor wie während der Ausbildung der Phl.-Theorie; letzteres verständlicherweise seltener. — Als Sauerstofftheorien kann man sie natürlich nicht ansehen. Es sind mehr oder weniger entwickelte, durch Experimente und spekulative Argumente gestützte Deutungen der phlogistischen Prozesse, hauptsächlich der Atmung und der Verkalkung. Sie nehmen einen Bestandteil in der Luft an, der in die Lunge eintritt, und so die Atmung unterhält, oder zu den Metallen beziehungsweise den Kalken tritt und die Gewichtsvermehrung verursacht. Dass die Experimente gegenüber den spekulativen Schlussfolgerungen zurücktreten, ist verständlich, da die Voraussetzung für die richtige Erkenntnis der Zusamennsetzung der Atmosphäre nicht gegeben war. Die Chemie der Gase lag noch in den allerersten Anfängen. Erst um Mitte des 18. Jahrhunderts fängt die Entwickelung dieses Gebietes an.

Wenn wir trotz aller Mängel in diesen Theorien Vorläufer der neuen Lehre sehen, so geschieht dies wegen ihrer Be-

trachtungsweise der Vorgänge, die sich der seit altersher gewohnten *Absonderung* eines Bestandteils beim Verbrennen entgegensetzt. Der Luft wird eine aktive Rolle zuerkannt, nicht nur die passive eines Rezipienten, oder die halbpassive eines Lösungsmittels.

Weil diese Theorien erst mit der Erkenntnis der Zusammensetzung der Luft, mit der Erkenntnis der Gase, zu ihrer vollen Entfaltung kommen konnten, wollen wir zuerst die Bedingungen, unter denen sie zur Zeit ihrer ersten Entstehung standen, kennen lernen und die Entwickelung der Gaschemie verfolgen.

Schon im Altertum Beschäftigung mit gasförmigen Körpern. Unterscheidung guter (atembarer) und schädlicher Luft. Van Helmont (erstes Drittel des 17. Jahrh.), unterschied Dämpfe und Gase, machte jedoch bei letzteren keinen weitergehenden Unterschied. Genaue Kenntnisse der Eigenschaften und Herstellungsweise der Kohlensäure. — R. Boyle (1627—91) experimentierte viel mit Gasen, stellte als erster den Wasserstoff her, hielt aber alle Gase für gleichartig. — Wenig beachtet lehrte der Franzose Moitrel d'Élément in seiner 1719 erschienenen Broschüre die Kunst, Gase aufzufangen und mit ihnen Versuche auszuführen. (Ausführlich berichtet hierüber Höfer, Histoire de Chimie, IV. Bd. 2, S. 343.) — Wesentliche Fortschritte brachte das Verfahren von St. Hales (1677—1761) zum Auffangen der Gase. Er trennte den Gasentwicklungsraum vom Rezipienten und verband beide durch einen gebogenen Hals (dieselbe Differenzierung machten auch der Destillierapparat und die Dampfmaschine durch). — J. Black (1728—99) betrachtete die fixe Luft als von den anderen Gasen wesentlich verschieden, während bis dahin alle Gase als gleichartig, nur durch fremde Beimengungen verschieden, galten. Weitere Vebesserung der Methodik durch Verwendung von Quecksilber als Absperrflüssigkeit (Cavendish und gleichzeitig Priestley).

Die Erkenntnis, dass die dargestellten Gase wirklich von der Luft verschiedene Stoffe seien, drang erst allmählich durch, und die Ansicht, es seien im Grunde nur Modifikationen der atmosphärischen Luft, hielt sich mit grosser Zähigkeit. So finden wir noch 1773 diese Ansicht vertreten (*Baumé*), und ein Preisausschreiben der Akademie zu Siena beweist, dass noch 1784 die Frage, ob die Gase nur Modifikationen desselben Grundstoffes seien, durchaus diskutabel war. Die Aufgabe ist, zu erforschen, ob die verschiedenen Luftarten der Neueren, die fixe, phlogistisierte, dephlogistisierte, Salpeterluft usw. ebensoviel Flüssigkeiten verschiedener Natur seien, oder ein und dieselbe Luftflüssigkeit mit verschiedenen

anderen Teilchen der Körper vermischt, oder dadurch sonst abgeändert (61. Crells Annalen).

Vorläufer des Sauerstofftheorie **vor** Aufstellung der Phlogistontheorie.

Die Reihe der „Vorläufer der Sauerstofftheorie" eröffnet der französische Arzt Jean *Rey* (1583—1645).

J. Rey (gest. 1645) gibt als Ursache der Gewichtszunahme, die Zinn und Blei beim Verkalken zeigen, an, dass die schweren Luftteilchen sich mit dem Metallkalk verbinden. Alle Stoffe haben seiner Ansicht nach Gewicht, also auch die Luft und das Feuer.

Das Werk Jean *Reys* geriet in Vergessenheit und tauchte erst wieder auf, als ähnliche Anschauungen anfingen, sich siegreich durchzusetzen. Eine Neuauflage veranstaltete *Gobet* 1777, zusammen mit den Abhandlungen *Moitrel d'Eléments. Sage* und *Bayen* erinnerten sich *Reys.* Auch R. *Kirwan* erwähnte ihn, allerdings mit nicht allzu schmeichelhaften Worten: „Er tat es (die richtige Erklärung der Verkalkung) mit so schwachen Worten, dass er ebenso wenig die Ehre eines Erfinders verdient, als ein glücklicher Träumer die eines Propheten." (88, Kirwan, Bd. 3, S. 238.)

Wie schon in der Einleitung hervorgehoben wurde, waren in England in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts eine ganze Anzahl von Naturforschern damit beschäftigt, die Verbrennungsprozesse in einer Weise zu untersuchen, die das Haptaugenmerk auf die Teilnahme der Luft, besser gesagt, eines Luftbestandteils richtete. Sie gehörten zum Teil dem engeren Freundeskreise *Boyles* und der neugegründeten Royal Society an.

Im Jahre 1671 erschien das Werk „Exercitatio de sanguinis incalescentia sive accensione" von Thomas *Willis* (1621—1675). Er verfocht die Ansicht, die Wärme des Blutes habe ihre Ursache in der Verbrennung (während anderen Anschauungen nach Gährungsprozesse als Wärmequelle in Betracht kamen), und stellte bei dieser Gelegenheit eine Verbrennungstheorie auf, wie wir sie auch später öfters antreffen. *Willis* schrieb sowohl dem brennenden Körper als auch der zum Brennen notwendigen Luft eine Rolle zu. Aus dem Körper

entweichen die schwefligen Teilchen, die unter Mitwirkung der in der Luft allenthalben verborgenen salpetrigen Teilchen die Wärme erzeugen, indem sie miteinander zusammenstossen.

Willis war Mitglied der Royal Society und gehörte zum engeren Freundeskreis *Boyles*. Sein hauptsächlichstes Gebiet war die Anatomie, doch befasste er sich, wie obige Ausführungen zeigen, auch mit anderen Gebieten der Heilkunde. Er kam dabei zu denselben Ergebnissen, wie auch andere Gelehrte dieses Kreises (*Hooke*, in gewisser Hinsicht *Mayow* u. a.).

Einen wertvollen Mitarbeiter bei seinen chemischen Versuchen hatte *Willis* in Robert *Hooke*, der später auch Mitarbeiter *Boyles* wurde. (Diesem half er z. B. bei der Konstruktion der Luftpumpe.) *Hooke* (1635—1703) war ein ausserordentlicher geistreicher, erfindungsreicher Kopf, dem nur die Ausdauer fehlte, um aus seinen fruchtbaren Ideen gut fundierte, vertiefte Lehren zu entwickeln. Er war, wie *Robison* bemerkt „mit dem allgemeinen Begriffe über einen Gegenstand zufrieden und verliess ihn sogleich, um neuen interessanten Gegenständen nachzujagen".

Die damals aktuellen Probleme des Verbrennens, die Rolle der Luft, beschätigten auch ihn, und auf Grund seiner Experimente bildete er sich auch eine Theorie über diese Erscheinungen. Er teilte sie in der „Micrographia" (1665) und in der „Lampas" (1676) mit.

> Die Luft ist, kraft des in ihr enthaltenen salpetrigen Bestandteiles ein allgemeines Auflösungsmittel der verbrennlichen Körper; der Auflösungsvorgang bringt sowohl die Wärme wie auch das Licht hervor.

Das System *Hookes* stellt also eine gemischte Theorie dar, wie wir sie auch später oft antreffen, d. h. er teilt der Luft sowohl eine aktive wie eine passive Rolle zu. *Hooke* äusserte die Absicht, die nur in den Hauptzügen mitgeteilte Lehre weiter auszuführen. Doch wurde dies Versprechen nie erfüllt.

Der bedeutendste, seine Ansichten mit der grössten Klarheit entwickelnde Chemiker dieser Richtung und dieser Zeit war John *Mayow* (1643—1679). (Über das Geburtsjahr werden verschiedene Angaben gemacht, öfters wird auch 1645

angeführt.) Dass sein Werk „Tractatus duo, seorsim editi, quorum prior agit de Respiratione: alter de Rachitide“ in Oxford 1669 erschien, also gleichzeitig mit der „Physica subterranea“ *Bechers,* wurde schon erwähnt. Die Angaben über das Erscheinungsjahr der „Tractatus duo“ schwanken. So gibt *Kopp* 1669 an, andere 1668. Die richtige Angabe lautet: „Tractatus primus de Respiratione Oxoniae 1669“, also der erste Tractat, trägt die Jahreszahl 1669, und *dieser* ist der für uns vorzugsweise wichtige. Der „Tractatus de Rachitide“ trägt als Druckjahr 1668. Wir können also als den Zeitpunkt der ersten Veröffentlichung *Mayows* über seinen spiritus nitro-aereus das Jahr 1669 ansehn, dasselbe, in dem „Physica subterranea“ erschien. — Wenn *Mayow* in diesem Werk auch nicht das ganze System der Verbrennung entwickelt, so ist doch der Gedanke eines salpeterähnlichen Luftbestandteils, der zur Unterhaltung des Atmens notwendig ist, in diesem Werke schon enthalten, hat also prinzipiell dieselbe Bedeutung wie das spätere ausführlichere Werk, tractatus quinque (1674).

J. Mayow entwickelt in dem „Tractatus primus“ (1674) die Ansichten über den salpetrigen Luftbestandteil (spiritus nitro-aereus). Es ist derselbe, der vom Salpeter aus der Luft aufgenommen und fixiert ist. Dieser Bestandteil verleiht der Luft die Fähigkeit, das Brennen zu unterhalten und ebenso dem Salpeter auch bei Luftabschluss; sonst unterbleibt ohne Luft das Brennen. Beim Verkalken tritt der spiritus nitro-aereus an das Metall und erhöht sein Gewicht. Der spiritus gerät beim Brennen in heftige Bewegung und teilt diese den dazu fähigen, d. h. brennbaren Stoffen mit. — Die Säuren entstehn, nach Mayow in der Weise, dass der salpetrige Luftteil in heftiger Bewegung die Teile der betreffenden Substanz, z. B. Schwefel, durch heftigen Anprall in kleine lanzenähnliche Gebilde umwandelt; diese spitzen Teilchen besitzen dann Säureeigenschaften.

Diese Erklärungsweise zeigt den unverkennbaren Einfluss der damals allgemein verbreiteten Korpusculartheorie. Diese Theorie hat ihren Ursprung bei den griechischen Philosophen, die vielfach Spekulationen über das Wesen der Materie anstellten (*Demokrit*). Ihre abstrakten Vorstellungen wurden von Francis *Bacon* (1561–1626) in einer konkreteren Form neugestaltet. *Bacon* entwickelte die Korpusculartheorie, die als Grundlage der Stoffe kleine Teilchen annahm, welche noch alle wesentlichen Merkmale des Stoffes trugen.

Der Philosoph René *Descartes* (1596—1650) baute diese

Korpusculartheorie zu einem grossartigen naturphilosophischen System aus. Die Theorie beherrschte die Physik und nach den Bemühungen *Boyles*, sie auch in der Cemie heimisch zu machen, auch die Scheidekunst (IX. Lasswitz, Bd. 2, S. 261—293).

Dass *Descartes*, der Philosoph, mit seinem System einen so grossen Einfluss ausübt, ist zu der Zeit (17. Jahrhundert) nichts aussergewöhnliches. Die naturwissenschaftlichen Fragen hatten auch für die Philosophie grosse Bedeutung, der Zusammenhang beider Disziplinen war eng. (XXIII. Bugge, Bd. 1, S. 179; „Boyle" von E. Färber). Ausserdem war die Frage nach dem Wesen der Materie schon immer auch ein philosophisches, nicht nur ein wissenschaftliches oder praktisch gerichtetes Problem gewesen und ist es auch weiterhin geblieben.

Der spiritus nitro-aereus ist auch für Tier und Planze zum Leben und Atmen notwendig und somit die Quelle des Lebens.

Dass die Luft aus einem aktiven und einem inaktiven Bestandteil zusammengesetzt ist (atembaren und unatembaren), folgert er aus den Versuchen. Wie aber die *Struktur* der Luft beschaffen ist, darüber kann, seiner Meinung nach, nur das Denken Aufschluss geben. *Mayow* ist bei diesen Vorstellungen ebenfalls stark von *Descartes* und seinen mechanistischen Lehren beeinflusst. Die Grundsubstanz der Luft ist eine feine verästelte biegsame Materie, bei *Descartes* „drittes Element", in die die harten, elastischen Teilchen des Spiritus nitro-aëreus eingelagert sind.

Über *Mayows* Leben sind nur wenige Angaben vorhanden. (Eine vollständige Zusammenstellung gibt M. *Speter*.) Er wurde in London 1643 geboren, erwarb 1665 das Baccalaureat, veröffentlichte sein Werk 1668 (bezw. 1674) und ist im Jahre 1679 gestorben. Wenn er auch nicht zum Freundeskreise *Boyles* gehörte, so hatte er doch Beziehungen zu ihm, möglicherweise ziemlich enge; denn im „Dictionary" (XXVI) Vol. XXXVII. S. 175, finden wir die Bemerkung: „It is probable, that he was a pupil of Thomas *Willis*, Sedlean Professor of natural philosophy ... an he certainly came into contact with Richard *Lower*, who is working with *Willis*." — So sehen wir, wie alle diese Forscher durch engere oder lockere Beziehungen verknüpft waren, und wir können mit

Sicherheit annehmen, dass ihre Gedankengänge gegenseitig befruchtend gewirkt haben.

Nach Untersuchungen M. Speters (XV) war J. R. Forster (1729—1798), der berühmte Reisende und Naturforscher, der erste, der auf die Verwandtschaft des Mayowschen Spiritus nitro-aereus und dem Sauerstoff Lavoisiers aufmerksam gemacht hatte. Siehe dort ausführlicher.

Den Chemikern, die im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts die Entwickelung der Sauerstofftheorie erlebten, wird es wunderbar erschienen sein, die „neuen" Ideen schon hundert Jahre früher im Werke *Mayows* ausgesprochen zu finden. (Auf einer Stufe natürlich, die dem *damaligen allgemeinen* Stand der Chemie entsprach.) Doch kann auch *Mayow* sich nicht dem allgemeingültigen Gesetz entziehen, Glied einer Kette zu sein und ebensowenig spontan mit gänzlich neuen Ideen auftreten, wie *Lavoisier* seine Theorie aus dem Nichts schöpfen konnte. Hinter *Mayow* steht nicht nur *Boyle* mit seinen Experimenten und Erkenntnissen, sondern der ganze Kreis um *Boyle*, eine Anzahl von Männern, die sich mit dem Problem der Verbrennung und Atmung befassten und teils durch das Experiment, teils durch Beobachtung und Spekulation eine allgemeine Lösung zu finden bestrebt waren. Neben *Boyle* sind *Hooke* und Thomas *Willis* die meistgenannten, auch Christopher *Wren* wird beiläufig erwähnt (I. Kopp, Bd. III. Entwicklung d. Ansichten über die Gase).

Dieser Reihe bekannter Gelehrter schliesst sich würdig der Name eines bisher völlig unbekannten Mannes an, der zwar im Hauptberufe Priester und Philosoph war, der sich aber, von Neigung und äusseren Umständen bewogen, mit medizinisch naturwissenschaftlichen Studien beschäftigte. Dieser Mann ist Ralph *Bathurst*, Dechant von Wels. Seine Schriften theologisch-philosophischen Inhalts sind nicht zahlreich, auf dem Gebiete der Naturwissenschaft verfasste er sogar nur ein einziges Werk. Doch verdient dieses vollauf, der Vergessenheit entrissen zu werden. Die Klarheit der Ausführungen, die durchwegs richtigen Beobachtungen, die daraus gezogenen Schlussfolgerungen lassen bedauern, dass sich ihr Verfasser mit den behandelten Fragen nicht weitläufiger und intensiver befasst hat.

Ralph *Bathurst* wurde 1620 in Hawthorpe, Northamptonshire, geboren. Er widmete sich dem Studium der Theolo-

gie und wurde 1644 Priester. In seinen Mussestunden befasste er sich mit den Naturwissenschaften, doch war dies mehr eine Art Erholung als ein intensives Studium. In einem Briefe äussert er sich: „... Physik being only my refuge in bad times and not my primitiv design." (2. Warton, S. 35.) Trotzdem betrieb er diese Studien nicht dilettantisch.

Die unruhigen Zeiten, die England erschütterten (es war die Zeit der Bürgerkriege und Oliver Cromwells), gewährleisteten keine ruhige Arbeit für den jungen Priester. Er wurde, wie viele seines Standes, beim Ausbruch des Bürgerkrieges von seinem Posten verjagt. *Bathurst* widmete sich nun ganz den Naturwissenschaften, wurde Arzt und hatte einen so guten Ruf als Mediziner, dass er, trotz seiner bekannten royalistischen Gesinnung, noch vor der Erlangung der Doktorwürde beim Staate angestellt wurde. *Bathurst* versah bei der Marine, zur vollsten Zufriedenheit, seinen Dienst. Neben diesem verantwortungsvollen Posten fand er jedoch noch Zeit, seine Funktion als Priester, wenn auch nur im Geheimen und unter grossen Gefahren, auszuüben.

Im Jahre 1654 wurde *Bathurst* in Oxford zum Medical Doktor promoviert, der Titel seiner Doktordissertation lautete: „Praelectiones tres de Respiratione"; diese Dissertation soll ausführlich besprochen werden.

Nach der Wiederherstellung des Königreichs trat *Bathurst* wieder offen als Kleriker auf. 1663 wurde er Kaplan des Königs, 1664 Praesident von Trinity Church, 1670 zum Dekan von Wels ernannt.

Bathurst verband eine enge Freundschaft mit dem Arzt Thomas *Willis*, mit dem er zusammen in Oxford arbeitete. Auch mit anderen geistig bedeutenden Männern verkehrte er freundschaftlich. Er wird als geistvoller Mann „a distinguished wit, philosopher, poet and theologien" beschrieben. Er nahm an den Zusammenkünften, aus denen die Royal Society hervorging, teil und wurde im Jahre 1663 zum Mitglied dieser Gesellschaft ernannt. Ein Zweig der in London residierenden Royal Society etablierte sich bekanntlich später (1683) in Oxford, und hier wurde *Bathurst* 1688 zum Präsidenten gewählt. Bis an sein Lebensende blieb er Vorsteher von Trinity College, das unter seiner Führung mächtig emporblühte. — In seinem Alter erblindete *Bathurst*. Trotzdem bewegte er sich

ohne fremde Hilfe im wohlbekannten College-Garten. Bei einem solchen Spaziergang stolperte er so unglücklich, dass er sein Bein verletzte. An den Folgen dieses Unfalls starb *Bathurst* im Jahre 1704.

Die Dissertation „Praelectiones tres" trägt als Jahreszahl 1654, ist aber, wie aus einem Briefe *Bathursts* an seinen Freund Seth *Ward*, Bischof von Exeter, hervorgeht, schon früher entstanden.

Ein Original der „Praelectiones tres" scheint nicht aufgefunden worden zu sein, deshalb sind Zweifel an der Autorschaft *Bathursts* aufgestiegen. Dieser Zweifel erscheint jedoch unbegründet, denn die Kopie wurde von *Bathurst* selbst korrigiert. *Warton* schreibt über diese Frage: „... of this also there is a second copy fairly transcribed by another hand, but corrected by himself ... Some of the signatures used for references in this manuscript, I do not understand, but I have printed the whole, as I found it." (2. Warton S. IX.) *Bathurst* scheint sich mit der Absicht getragen zu haben, das Manuskript noch weiter zu führen, denn, wie *Warton* erwähnt, schrieb er an das Ende der Kopie nach dem letzten Satze ein etc.

Bathurst befasste sich als Arzt hauptsächlich mit der Atmung. Dem entsprechend sind die Teile der Dissertation den einzelnen Fragen gewidmet: 1. Die Art der Atmung und ihre Werkzeuge, 2. zu welchem Zwecke die Atmung dient, und 3. wie sie diesen Zweck erreicht.

Über den Zweck der Atmung herrschten zu der damaligen Zeit verschiedene Ansichten. Sehr häufig trat die Meinung auf, die eingeatmete Luft diene zur Abkühlung des Herzens und des Blutes. *Bathurst* weist diese Ansicht zurück. Um den wahren Zweck kennen zu lernen, greift er zum Experiment: „Liceat tamen hic obiter unicum vobis experimentum ... proponere; quod forsitan nonnullis primo intuitu fidem faciat, posse pabulum in loco arctissime clauso ardere." Um dieses zu beweisen, glühe man ein Stück wohlverschlossener Kohle; auch nach Tagen wird sie unverändert bleiben. (Dieses selbe Experiment veranlasste *Hooke*, seine Theorie der Verbrennung aufzustellen, die der Luft die Rolle eines Lösungsmittels zuschrieb.) Den Grund zu diesem Verhalten sieht er darin, dass die Verbrennung einer schnellen Bewegung der

Teilchen gleich ist. Wird die Bewegung verhindert, so kann nichts brennen, aber auch die Atmung kann, unter Abschluss der Luft, oder bei Verhinderung durch Dämpfe nicht vor sich gehen; woraus folgt, dass beide dieselben Bedingungen haben. „Ubicunque denique ignis commode ardere potest, ibi et nos possumus aeque commode respirare." (2, Warton, S. 181.)

Hat die Ausatmung hauptsächlich die Aufgabe, die schädlichen Stoffe aus dem Körper zu entfernen, so ist der Zweck der Einatmung, „quae respirationis nobilior pars est", ein anderer. Über diesen Zweck verbreitet sich die dritte Abhandlung.

Die Aufgabe des Einatmens ist, dem Körper das pabulum nitrosum zuzuführen: „Dicimus itaque inspirationem praecipue inservire ad pabulum nitrosum animali subministrandum... Quemadmodum enim in sanguine, succus quidam alibilis per cibo continuo suppeditandus, requiritur, sine quo sanguis non nutrit: ita et in aere qui quidem alterius generis cibus est, pabulum hoc nitrosum omnino necessarium est; eoque deficiente respiratio ad vitam nihil confert; adeo ut vivere et aura vesci meritissime apud poetas idem sonent". Dieses pabulum ist sowohl für die Tiere wie für die Pflanzen unerlässlich; es ist in der Erde und der Luft, und mittels einer ständigen Zirkulation durchtränkt es alles. — „Ideo autem illum nitrosum appello... quia substantiam habet, nitro minerali valde affinem et tantundem fere discrepantem, quantum sal fixum differt a volatili. Atque hoc... constat, quod ubicunque spiritus ille nitrosus intra terram cohibitur ibi nitri mineralis copia brevi concrescit." Dass die Pflanzen einen Nährstoff aus der Luft aufnehmen, beweisen die Zwiebel, Flohkraut und andere Pflanzen, die in der Luft aufgehängt gedeihen und an Gewicht zunehmen. (Dieses Argument kehrt auch bei anderen Autoren wieder.)

Auch die Wasserpflanzen, wie Lens Palustris, die weder mit der Luft noch mit der Erde in Berührung kommen, wachsen, genährt vom im Wasser gelösten Pabulum. Wird die Mittelrinde der Bäume (cortex medianus), die hauptsächlich der Aufnahme des Spiritus nitrosus dient, beschädigt, so stirbt der Baum ab.

Wenn eine Pflanze in ein dunkles Zimmer gesetzt wird, wo sie von diesem salpetrigen „halitus" oder, wie *Lucretius*

sagt, „zeugenden Luft“ abgesperrt ist, so fängt die bis dahin frische grüne Pflanze zu welken an. Auch die Bäume streben mit ihrem Gipfel in die Höhe und Breite, um möglichst frei zu dieser Luft gelangen zu können.

Je länger eine Erde das Wachstum unterhält, umso ärmer wird sie an Salpeter. Doch kann sie diesen Salpeter (d. h. das Pabulum nitrosum) aus der Luft wieder aufnehmen. Sie wird nach einigen Jahren der Ruhe regeneriert, eine Tatsache die den Salpetermachern (nitrarii) wohl bekannt ist.

Im Winter ist die Luft an Salpeterteilchen reicher, da im Sommer diese flüchtige Substanz durch die Sonnenwärme in höhere Regionen sublimiert wird. Fällt aber reichlich Regen, so löst dieser die Salpeterteilchen auf und führt sie so der Erde zu. Dass Regenwasser reicher an diesem Bestandteil sei, wissen auch die Wäscherinnen, deshalb bleichen sie ihre Wäsche lieber mit Regen, als mit Brunnenwasser. Es ist erstaunlich, welche entlegenen Tatsachen *Bathurst* in den Kreis seiner Beweise zieht! Interessant übrigens, dass er auch eine bleichende Wirkung diesen Teilchen zuschreibt, ein Umstand, den ich nirgends sonst erwähnt fand.

Das Fehlen des „vapor nitrosus“ in den hohen Regionen, z. B. Pico di Teneriffa, macht das Atmen beschwerlich, trotzdem die Luft hier sehr rein ist. Aber der von der Erde aufsteigende Spiritus nitrosus kann sich nur schwer bis zu diesen Regionen erheben.

„Si autem ad aquas nos vertamus, constabit etiam illas nitro impregnatas ad animalium vitam nihilominos facere. Constat, pisces omnes istiusmodi pabulo nitroso, vel ex aqua vel saltim ex ipso aere captando indigere.“

Dass die Fische das Wasser nicht deshalb benötigen, um das Herz zu kühlen, sondern um das darin gelöste pabulum vitae aufzunehmen, beweist die Tatsache, dass Fische im Wasser, das von diesem Bestandteil befreit worden ist, nicht leben können.

Die ungewöhnliche Vielseitigkeit *Bathursts* zeigt sich in einer Bemerkung, die beweist, dass er auch über die Möglichkeiten eines Unterseefahrzeuges nachgedacht hat. Er sieht die hauptsächlichste Schwierigkeit eines solchen „Unterseebootes“ darin, dass der enge abgeschlossene Raum nicht genügend zum Atmen nötige Luft fassen kann: „Atque is hoc quidem

est, quod submarinae navigationis invento, alias utilissimo, imprimis obstare videtur: quia scilicet nitrosum aeris pabulum, in navigio, sub aquis arctissimo concluso, tot hominibus non facile sufficiat."

Nachdem *Bathurst* die lebenswichtigen Funktionen des Pabulum nitrosum demonstriert hat, geht er an dia Frage heran, weshalb dieser Bestandteil der Luft zum Leben so überaus notwendig sei. Hier hilft ihm die Analogie weiter: sowie der Körper durch die feste Nahrung, so werden Lunge, Herz und Nerven durch den salpetrigen Nährstoff am Leben erhalten.

Die Verteilung des Pabulum nitrosum geschieht in der Lunge, wo die Adern eine grosse Oberfläche überspannen, um je mehr von diesem Stoffe aufnehmen zu können — ebenso wie bei der Destillation das Destillat viele Windungen durchläuft, um mit dem kühlenden Wasser je mehr in Berührung zu kommen. Die Art des Überganges, von der Lunge in das Blut, hat sich *Bathurst* ähnlich vorgestellt, wie den Übergang der Kälte aus dem Schnee in das zu kühlende Gefäss: „Si per quos meatus hic transitus fiat, quaeres; ostende et tu mihi, quibus porulis alter ille spiritus nitrosus, qui in nive est, per delicatulorum pocula transit, ut aestiva vina refrigerat. Quod si vitrum aut metallum spiritui huic non sunt impervia: certe laxioris pulmonis vasa quanto minus."

(Die Annahme einer Kältematerie, als Gegenstück zur Wärmematerie war eine allgemein verbreitete.)

Wie die „Praelectiones tres" deutlich zeigen, entwickelte *Bathurst* dieselben Ideen wie sein Freund *Willis*, wie John *Mayow*. Da die Werke der letzteren wesentlich später erschienen, so konnte *Bathurst* von diesen nicht beeinflusst sein. Wohl aber wurde er es von den allgemeinen Ideen, die diese Gruppe von Forschern beherrschte. Diese Ansichten, wenn auch nicht auf sehr breiter Basis (das Brennen wird nur wenig behandelt, das Verkalken garnicht), mit eindringlicher Klarheit und Logik, unter Heranziehung vieler treffender Beobachtungen entwickelt zu haben, das bleibt das unbestreitbare Verdienst dieses Priester-Chemikers.

Noch eines anderen Mannes soll hier gedacht werden, dessen Name zwar nicht unbekannt ist, der jedoch auch nicht in diese Zusammenhänge eingereiht wurde, trotzdem er es

zweifellos verdient. Es ist Kenelmus *Digby* oder *Dygbaeus*, bekannt als Alchimist (1603—1665). Er war Mitglied des Rates der Royal Society. Über seinen Beruf schreibt der Dictionary (XXVI. Vol. 15, S. 65.): „*Digby* was a scientific amateur rather than a man of science. Astrology and alchemy formed serious parts of his study, and his credulity led him to many ludicrous conclusions. He is said to have been the first to notice the importance of vital air or oxygen to the life of plants." — *Digby* war übrigens Schiffskommandeur, Diplomat und Schriftsteller, der mehrere Werke theologischen, philosophischen und naturwissenschaftlichen Inhalts hinterliess.

Seine „Dissertatio de plantarum vegetatione" erschien zwar 1669, aber schon 1660 war sie in Gresham College vorgelesen worden. Dass *Digby* als erster die Wichtigkeit des salpetrigen Luftgeistes für die Pflanzen betont hatte, stimmt nicht, denn *Bathursts* Dissertation tut dies, wie wir sahen, schon 6 Jahre früher, und wie bei *Bathurst* vermerkt, entstand „Praelectiones tres" sogar noch früher.

Zum Wachstum der Pflanzen ist die Feuchtigkeit allein nicht genügend. „Si aqua non est igne suo imbuta, plantas non multum reddet fructiferas." Was ist aber dieser Bestandteil, durch den das Wasser die Fruchtbarkeit erhöht? „Examinetur id per artem spagyricam, et invenies, id nihil aliud esse, quam nitrosum quendam salem, qui per totam aquam infusus est. Hic sane sal est, qui omnibus rebus faecunditatem tribuit. Et huic sali (recte cognito vel intellecto) non tantum omnia vegetabilia, sed etiam omnia mineralia suam originem debent." (5, Digby, S. 59.) Auch die Luft enthält diesen salpetrigen Geist, der, durch die Sonnenstrahlen verflüchtigt, auch in den höchsten Regionen anzutreffen ist. Zur Bekräftigung dieser Ausführungen bezog sich Digby auf den bekannten Alchymisten Cosmopolita.

Digby ging sogar bis zur „Tabula smaragdina" zurück, in deren Worten er die Erkenntnis zu finden scheint, die er, mit klaren Ausdrücken formuliert hat: dass der salpetrige Geist die Erde und die Luft durchdringt. „Atque ita vides dilucide et plane explicatum magnum istum aphorismum „Smaragdinae Tabulae". Id quod est superius, est sicut inferius. Sol est pater, Luna mater, et terra uterus, in quo haec Proles excluditur, et aer eam hic convehebat. Cum igitur hic universalis spiritus sit homogeneus omnibus rebus, et in effectu spiritus vitae, non tantum in plantis sed etiam animalibus nonne operae pretium esset, cum ita praeparare, ut

non minus humanis corporibus quam plantarium reparationi et refectionibus utilis sit?“ (5, Digby, S. 58.)

Wenn man *Digby* auch nicht ohne weiteres beipflichten kann und hinter den Worten des alten Dokumentes schwerlich eine frühe Erkenntnis der Wahrheit findet, so ist diese Auslegung jedenfalls interessant genug. Sie zeigt, dass auch diese Auffassung der Verbrennungs- und Atmungsvorgänge ihre Wurzeln bis in das Altertum erstreckt, ebenso wie jene andere, die ihr Hauptaugenmerk auf den Schwefel des brennbaren Körpers richtete.

Die Anregung zu diesen Forschungen ging, wie schon erwähnt, von R. Boyle aus. Er stellte vielfache Experimente an, um das Rätsel der Verbrennung, der Luftzusammensetzung zu lösen: Die experimentellen Befunde sind denen Hookes, Mayows ähnlich, doch genügen Boyle diese Unterlagen nicht, um aus ihnen eine feste Meinung zu bilden, eine Theorie aufzustellen.

Autoren, die von Mayow Ideen beeinflusst waren.

Von all den bisher angeführten englischen Forschern, *Boyle, Willis, Hooke, Bathurst, Digby, Mayow,* hatte der Letztgenannte nicht nur die vollständigste, geschlossenste Lehre des Spiritus nitro-aëreus gegeben, sondern war überhaupt der bedeutendste Vorläufer *Lavoisiers.* Um so erstaunlicher scheint es, dass sein Werk ohne jeden Widerhall geblieben ist — eine Ansicht, die sehr verbreitet, aber nicht ganz richtig ist. Zwar geriet *Mayows* Theorie beim Durchdringen der Phl.-Theorie in Vergessenheit. Aber viele Zeitgenossen wurden von seinen Ideen angeregt. Die Angaben über diese Arbeiten, die *Mayows* Einfluss deutlich zeigen und die sich auch ausdrücklich an seine Lehre anlehnen, sind selten und beschränken sich auf eine blosse Aufzählunug. So zählt *Höfer* (IV. Höfer, Bd. 2, S. 271.), Heinrich *Mund,* L. M. *Barbieri,* J. B. *Giovannini,* Nicolaus *Pechlin,* Alexis *Littre,* Jean *Bernoulli* als Anhänger *Mayows* auf; einige dieser Namen erwähnt auch E. *Bloch* (XVII). Weder die Werke *Giovanninis* noch das Buch *Littres* waren nach den Angaben *Höfers* aufzufinden. Möglicherweise sind die Angaben unrichtig. Von *Littre* soll, nach *Höfer,* 1689 ein Werk mit dem Titel „Ergo aer hominem nutrit“ erschienen sein, doch ist von

Littre überhaupt kein selbständiges Werk bekannt. Er veröffentlichte seit 1699 in den „Mémoires de l'Académie Royal" Aufsätze rein medizinischen Inhalts, die sich mit chirurgischen Fragen befassen. — Auf die Ungenauigkeit der Angaben *Höfers* weist auch M. *Speter* mehrfach hin (XV).

Mayows Werk ist genügend bekannt; er tauchte ebenso wie *Rey* zu Beginn der neuen Lehre aus der Vergessenheit auf. (Eine ausführliche Studie widmete ihm, wie auch *Rey, Bayen, Lomonossow* und *Hooke*, Max *Speter* (XV). Doch ist es Aufgabe vorliegender Arbeit auch den anderen, zahlreich vorhandenen Anhängern ähnlicher Anschauungen nachzuspüren, ihnen den Platz neben den, sozusagen „offiziellen", Vorläufern zu sichern. Nicht alle erheben sich bis zu der Klarheit und Vollständigkeit *Mayowscher* Ideen, doch sind ihre Arbeiten wertvoll genug, da sie eine Auffassung der Verbrennungsvorgänge verraten, die bei weiterer Verbreitung und geeigneter Fortentwickelung auf direktem Wege zu der heute noch gültigen Theorie geführt hätte.

Mund (1623—1682), oder wie er der damaligen lateinisierenden Mode zufolge genannt wurde, *Mundius*, gab 1680 ein Werk heraus, das in Oxford erschien und den Titel „Biochrestologia seu Commentarii — de Aere vitali — de esculentis — de potulentis" führt. Der erste Teil befasst sich mit den hier näher interessierenden Fragen. *Mund* führt aus, dass die Sonne eine subtile Materie ausstrahlt, die die Aetherteilchen bewegt und so das Licht hervorbringt, dann die „nitrosas particulas" in Bewegung bringt, die hierbei mit den schwefligen Teilchen zusammenprallen, Wärme, und, bei starker Bewegung, Feuer hervorbringend. — Beim Atmen dringen die salpetrigen Teilchen mit der Aethermaterie zusammen in das Blut. Die salpetrigen Teilchen — die sich in Erde, Wasser und Luft finden — sind auch die Ursache der Kälte, sie dringen nämlich mit ihren kleinen Häkchen in die Poren der Körper, wenn die zur Wärmeerzeugung nötigen schwefligen Teilchen fehlen.

Die Luftelastizität hängt bei ihm, wie bei *Mayow*, von der Anwesenheit der salpetrigen Luftteilchen ab. Werden diese durch das Brennen oder die Atmung verzehrt, so erhebt sich die übrig gebliebene Luft in die Höhe, von wo sie mit salpetrigen Teilen beladen, zur Erde wieder herabsinkt. Ohne

diese „Nahrung" könnte die Menschheit nicht leben, wie Dr. *Mayow* ausgeführt hatte, „qui de his rebus ingeniose commentatus est" — deshalb hatte die Vorsehung für eine immerwährende Erneuerung gesorgt!

Wenn auch durch *Mayow* angeregt und ähnliche Ansichten vertretend, so bleibt doch das Werk *Munds* weit hinter dem grossen Vorbild zurück. Die Vorstellungen sind viel unklarer, der Spekulation wird ein viel grösserer Platz eingeräumt, der Einfluss *Descartes* und seiner „Prima Materia" sowie seiner mechanistischen Erklärungen nimmt einen beträchtlichen Raum ein. Immerhin bleibt das Hauptinteresse auf die Salpeterteilchen und ihre wichtige Rolle beim Brennen und Atmen gerichtet.

Ein anderes Werk, unter dem Einfluss *Mayows* entstanden, ist „De Aeris et alimenti defectu — et Vita sub aquis — Meditatio, Kilonii 1676" von Johann Nicolaus *Pechlin* (1646-1706). Es enthält ähnliche Versuche und Schlussfolgerungen wie das Werk *Munds*, und trägt ebenso wenig zur wesentlichen Fortentwickelung oder Vertiefung der Ideen *Mayows* bei.

In Italien befasste sich der Arzt Lodovico Maria *Barbieri* mit der Luft und ihren Einflüssen auf die Organismen. Die Richtung dieser Versuche verrät, dass ein Arzt sie gemacht hatte; sie beziehen sich meist auf physiologische Vorgänge.

Dass die Luft einen Nährstoff enthält, beweist die Tatsache, dass Pflanzen, ohne mit Erde in Berührung zu sein, gedeihen können, ein Versuch, der auch bei anderen Autoren öfters angeführt wird. Die Atmung hat den Zweck, der Lunge und dem Blute Luft zuzuführen. *Barbieri* folgert dies aus der Verbreitung von ansteckenden Krankheiten, wie z. B. der Pest, durch die Luft allein, was nur durch diese Art der Übertragung geschehen könne. Die Wirkung der Luft beruht auf ihrem salpetrigen Spiritus, der auch zur Reinigung des Blutes, Bewegung der Muskeln, Belebung des Eies, usw, beiträgt. Die Versuche *Boyles* und *Mayows* werden als stützende Beweise angeführt.

Die salpetrigen Teilchen nimmt *Barbieri*, wie *Mayow*, als die Träger der Luftelastizität an.

Auch in den Verdauungsprozessen spielt der Spiritus

nitro-aëreus eine entscheidende Rolle. *Barbieri* vergleicht das Auflösen der Nahrungsmittel mit chemischen Prozessen.

Die Ansicht über die Gewichtsvermehrung beim Verkalken der Metalle sind denen *Mayows* vollkommen analog. Interessant ist, dass *Barbieri* an einer Stelle von dem Spiritus nitro-aëreus als von der *Cartesianischen* Materie spricht: „est enim materia subtilis Cartesiana". Die Rolle, die der Spiritus, seiner Ansicht nach, im Organismus spielt, ist beträchtlich. So ist er „ipsius Animae instrumentum".

Das Werk *Barbieris*, das diese Ausführungen enthielt, erschien 1680 unter dem Titel „Spiritus nitro-aerei observationes in mocrocosmo. Ludovicus Maria Barbierius, Imolensis. Phil. et med. doctor, Bononiae 1680". Neugedruckt mit dem Titel „Osservazioni di lievi fatti sull'opera di Lodovico Maria Barbieri, Imola 1820". — Eine Anzeige und Inhaltsangabe dieser Schrift ist in den Acta eruditorum Lipsiae 1682 erschienen.

Der berühmte Mathematiker J. *Bernoulli* (1667—1748, Basel) wurde durch *Mayows* Arbeiten zu ähnlichen Versuchen angeregt. Er bezieht sich in seiner „De effervescentia et fermentatione Dissertatio physica-mechanica" öfters auf ihn. — *Bernoulli* will als Physiker alle Erscheinungen der Chemie „more mathematico" erklären, und auf einfache Grundgesetze „ad leges mechanicas" zurückführen können. Aus diesem Grund verwirft er alle nicht genügend scharf definierbaren Prinzipien, um allerdings an ihre Stelle nichts Besseres zu setzen. Seine Erklärungen der übrigens sehr richtigen und bemerkenswerten Experimente sind vollkommen mechanistische. Sie beruhen auf den verschiedenartigen und gegenseitigen Einwirkungen der Alkalien und Säuren. Die Teilchen sind mit Häkchen und Vertiefungen versehen, aus deren mechanischer Wirkung Vereinigung, Trennung und Fällung erklärt wird.

Mehr der Vollständigkeit, als der besonderen Bedeutung wegen sei hier eine Arbeit von Dominique *Duclos* angeführt, deren Referat sich in der „Histoire de l'Academie Royal des Sciences" (29.) befindet. *Duclos*, Mitglied der Academie in Paris, stellte in dieser im Jahre 1676 eingereichten Schrift eine Hypothese auf, die die Gewichtsvermehrung des Antimons beim Verkalken auf die Weise erklären will, dass die

Luft ständig neu zum Feuer fliessend ihre schwefligen Teilchen an das erhitzte Metall abgibt.

Die Ursachen der geringen Durchschlagkraft der „Sauerstofftheorien".

Nachdem wir gesehen haben, wie allgemein die Ideen *Mayows* verbreitet waren, drängt sich die Frage um so stärker auf, warum sich diese Richtung nicht erfolgreich behaupten konnte. Die Antwort ist nicht so einfach, da es sicherlich *mehrere* Gründe waren, die hierbei zusammen wirkten. So sieht z. B. Ernst *Bloch* den Einfluss *Descartesscher* Ideen auf *Mayow* als verhängnisvoll an. Seine mechanistischen Erklärungen versperren den Weg für die weitere Entwickelung. Bei *Mayow* treten an die Stelle der „subtilen Materie" *Descartes* die Teilchen des Spiritus nitro-aëreus; „das verhält sich etwa so, wie wenn man in einem System von Gleichungen, welche eine physikalische Theorie repräsentieren, an Stelle einer Konstanten, die in allen vorkommt, einen anderen Wert setzt".

Auch K. *Lasswitz* verweist, wenn auch nicht speziell auf dieses Problem bezogen, auf die Gefahren, die die Korpusculartheorie in sich trägt. „Die scheinbare Anschaulichkeit, welche die Erklärung der Erscheinungen erhielt, indem man die Wirkung der besonders gestalteten Korpuskeln beschrieb, verleitete dazu, dass man glaubte, wirklich eine Erklärung geliefert zu haben. Woran es der Korpusculartheorie fehlte, um nicht nur eine mögliche, sondern eine *notwendige* Erklärung zu liefern, waren die Prinzipien der Mechanik und die mathematische Analyse. Beide gelangen erst in späteren Zeiten" (diese Ausführungen beziehen sich auf das 17. Jahrhundert) zu voller Geltung. „Im 17. Jahrhundert aber war ... die mathematische Bildung noch eine viel zu geringe, als dass die Korpusculartheorie auf Verständnis und Förderung von der Seite, auf welcher allein ihr wissenschaftlicher Wert lag, hätte rechnen können." (IX. Lasswitz, Bd. 2, S. 522—23.)

Auch andere Gründe werden von *Bloch* angeführt: „Diese Ansichten in ihrer scheinbaren Geschlossenheit schienen eben deshalb nicht der Abänderung fähig zu sein, ohne dass man das ganze System hätte in Bewegung setzen müssen. Ebenso

konnten Wahrheit und Irrtum, in seinen Lehren innig vermengt, nicht, oder nur durch mühsame Nachprüfung unterschieden werden."

Hier kommen wir zu einem anderen *entscheidenden* Faktor nämlich zur Unentwickeltheit der Gaschemie, die, wie schon ausgeführt, erst gegen Mitte des nachfolgenden Jahrhunderts, die wichtigsten Tatsachen ans Licht förderte. Ebenso wurde bereits auf den Umstand hingewiesen, dass die Gewichtsverhältnisse noch keinen so wichtigen Platz einnahmen, dass sie den Leitgedanken bei der Entwickelung einer Theorie abgeben konnten; all diese Begriffe waren noch viel zu wenig Allgemeingut sämtlicher Wissenschaften und gehörten, ihrer Natur nach, viel eher in den Kreis der Physik als der Chemie. Auch kann der Einfluss der Autorität nicht unerwähnt bleiben, denn wenn die Abhängigkeit der Atmung von der Luft auch seit den ältesten Zeiten bekannt war, so war die analoge Abhängigkeit der Verbrennung nicht so allgemein im Bewusstsein und wurde immer als auf dem Schwefelgehalt einer Substanz beruhend angesehen. (Wobei unter „Schwefel" die verschiedensten Substanzen, Fette, Oele und Harze mit inbegriffen waren.) Wir sehen deshalb auch viele der früheren „Sauerstofftheorien" hauptsächlich auf den Atmungserscheinungen basieren, während die Phl.-Theorie die Atmung zwar unter die Verbrennungsvorgänge reiht, aber eine ausführliche Erklärung der sich hier abspielenden Prozesse kaum gibt und sie stiefmütterlich behandelt.

Vorläufer des Sauerstofftheorie **nach** Etablierung der Phlogistontheorie.

Fallen die bisher behandelten Theorien in eine Zeit, da die Phl.-Theorie noch nicht souverän das chemische Denken beherrscht, so sehen wir ähnliche Ansätze auch *dann* auftauchen, wenn sie sich der *herrschenden* Meinung entgegenzetzen müssen. Der bedeutendste Vertreter dieser Forscher ist Michailo Wassiliewitsch *Lomonossow.*

Der berühmte russische Schriftsteller M. W. Lomonossow (1712—1765) befasste sich auch vielfach mit naturwissenschaftlichen Experimenten, die er nicht veröffentlichte, weil die aus ihnen gezogenen Schlussfolgerungen den herrschenden Ansichten widerspachen. So führte er in seiner Dissertation „De frigoris et

caloris causa" aus, dass es unmöglich die Feuermaterie sein kann, die das Gewicht des Metalles beim Verkalken erhöht; die Ursache dafür suchte er vielmehr in der beim Kalzinieren anwesenden Luft. Diese Schlussfolgerung stützte er mit mehreren Gründen und forderte die quantitative Behandlung der chemischen Versuche. Er war, wie aus Stellen seines Werkes hervorgeht, von der Erhaltung der Materie überzeugt.

Da *Lomonossow* in Marburg studiert hatte (1736—1741), so war anzunehmen, dass er vielleicht hier die Anregungen zu den später entwickelten Ansichten bekam. Doch ist ein derartiger Einfluss nicht zu ermitteln. Von Lehrern war *Christian Wolff* der hervorragendste, der auch in Physik, neben Moralphilosophie, Logik und Metaphysik unterrichtete. Das Lehrbuch von *Teichmeier*, das er benutzt haben konnte, steht durchaus im Zeichen der Phlogistontheorie. Den brennbaren Stoff nennt *Teichmeier* sogar noch öfter Sulphur: „Ubi flamma, ibi sulphur".

Dass *Lomonosow* seinen Zeitgenossen nicht unbekannt war, zeigt z. B. eine Abhandlung von *Scopoli* und *Volta*, die bei der Anführung der verschiedenen Meinungen über die Wärme auch die von *Lomonossow* (als *Lomonsow* geschrieben) erwähnen: „Einige sehen sie in der raschen Bewegung, wie die englischen Philosophen, *Macquer* und *Lomonsow* in den Petersburgischen Abhandlungen scharfsinnig beweisen". (59. Crell, Neueste Ent.) Etwas über seine Anschauungen, die der Phlogistontheorie widersprechen, findet sich jedoch in dieser Abhandlung nicht erwähnt.

Einen sehr wertvollen Beitrag zu der hier verfolgten Entwickelungsreihe liefert eine 1748 erschiene Schrift „Dissertation sur la cause de l'augmentation de poids que certaines matières acquièrent dans leur calcination. Par le R. P. *Beraud*, Jésuit, professeur de mathematique dans le College de Lyon. La Haye chez Jean Neaulme, 1748", die zwar nicht ganz unbekannt ist, doch nur selten erwähnt, und nie ausführlicher behandelt wird. So führt sie L. *Gmelin* in seiner Abhandlung „Winke an die Zeitgenossen, den Streit über den Brennstoff betreffend", an, ohne den Autor, der ihm anscheinend unbekannt war, zu nennen. Auch *Kopp* erwähnt *Beraud* (1702—1777) nur flüchtig. Trotzdem ist die Dissertation *Berauds* bedeutungsvoll und einer breiteren Behandlung würdig, besonders wegen der klaren Erkenntnis und Betonung der all-

gemeinen physikalischen Grundlagen des Verbrennungsprozesses, in der scharfen Unterscheidung des spezifischen und absoluten Gewichtes, was keine Selbstverständlichkeit war, wie die Arbeiten mancher anderer Chemiker wie *Morveau, Chardenon* (s. II. Teil dieser Arbeit) deutlich zeigen. *Beraud* ging von der Erkenntnis aus: das *absolute* Gewicht nimmt beim Verkalken zu, — also muss eine (ponderable) Materie zugetreten sein.

Im ersten Kapitel verweist Beraud auf den Umstand, dass ein Körper an absolutem Gewicht zunehmen, dabei aber, durch Vergrösserung seines Volumens, spezifisch leichter werden kann. So verhalten sich Blei und Zinn beim Verkalken. Weder der Zutritt von Feuermaterie noch der leichten Luft können diesen Gewichtszuwachs erklären. Die wahre Ursache gibt Beraud in folgendem an: „La véritable et unique cause de ce phénoméne physique (!) vient des corps étrangers rependus dans l'air, qui par l'action du feu se réunissent aux parties des corps calcinés." Das Feuer wirkt hierbei in der Weise, dass es die Luft verdünnt, so dass diese die spezifisch schweren Teilchen sinken lässt. Ist der Gewichtsverlust eines Stoffes — der beim Erhitzen immer stattfindet — sehr gross, wie z. B. beim Holz, so können die neu hinzutretenden Teilchen den Verlust nicht decken. Beim dichtgefügten Metall ist der Verlust so gering, dass sogar ein Gewichtsüberschuss resultiert. — Dass beim Brennen Phlogiston entweicht, ist nicht besonders ausgeführt, wird aber stillschweigend angenommen.

Die Theorie blieb nicht unwidersprochen. *Chardenon* veröffentlichte in den „Memoires de l'Academie de Dijon, 1769" eine polemische Schrift (die im Auszug schon im Jahre 1765 im Mercur veröffentlicht wurde), in der er die Theorie *Berauds* angreift, und gleichzeitig eine bessere an ihre Stelle zu setzen suchte.

Chardenon führt die wichtigsten Einwände gegen die Theorie Berauds in folgenden 4 Punkten an: 1. die am längsten verkalkenden Metalle sind am längsten der Enwirkung der Luft ausgesetzt, müssten also die meisten schweren Teilchen aufnehmen und so die grösste Gewichtszunahme zeigen. Das stark zunehmende Blei z. B. verkalkt aber sehr leicht; 2. die Kalzination in geschlossenem Gefäss zeigt, dass die Luftzufuhr keinen wesentlichen Fakentgegengesetzte Wirkung wie beim Verkalken aus; 4. die aus der Luft aufgenommenen Teilchen lassen sich beim Lösen in heissem Wasser nicht entfernen.

Chardenon setzte dann seine eigenen Anschauungen über diese Erscheinungen auseinander, die im vorigen Abschnitt dieser Arbeit ausgeführt wurden.

Das System *Berauds* fand einen Verteidiger in *Ribaptome*

(oder *Ribapotme*) (Der Name ist ein Deckname), dessen „Lettre sur l'augmentation de poids dans la calcination, adressée a Messieurs les auteurs du Journal des Savants" in diesem Journal, im Jahre 1767, erschienen ist. Die Verteidigung ist schwach. Die Gründe, die er zur Stützung des Systems anführt, sind eher eine Schwächung. So wenn er die Verkalkung in geschlossenen Gefässen mit der Annahme erklären will, dass die Luftteilchen ebenso wie die „sels frigorifiques" durch das Glas hindurch gehen können. Was die Verteidigung aber mit vollem Recht betont, ist, dass *jede* Gewichtszunahme auf dem *Hinzutreten* von Materie beruhen muss! „Le P. *Beraud* l'a cru, je le crois aussi avec lui et avec tous les autres physiciens." Gleichzeitig wird das System *Chardenons* angegriffen. In dem Journal des Savants, 1768, veröffentlichte *Chardenon* eine scharfe Replik.

Pierre Bayen (1725—1798), französischer Militärapotheker, kam der Lösung des Problems, welche Rolle die „reine Luft" beim Brennen spielt, schon recht nahe; er führte viele den Lavoisierschen ähnliche Versuche aus, verkalkte Quecksilber durch Erhitzen und gewann ein Gas wieder, als er den Kalk erhitzte. Jedoch untersuchte er das so gewonnene Gas nicht, und tat somit den letzten, entscheidenden Schritt nicht. Jedoch musste er soviel zugeben, dass dieser Fall sich mit der alten Theorie nicht in Einklang bringen lasse, und diese mindestens einer starken Modifizierung bedürfe.

Wie nahe zu dieser Zeit auch andere Forscher an die neue Lehre herankamen, wenn auch nicht immer auf dem Gebiete der Metallverkalkung, zeigt der Fall *Rutherfords*. *Robison*, der Herausgeber der Vorlesungen *Blacks*, berichtete in einer Anmerkung dieses Werkes (93, Black, Bd. III. S. 449), *Rutherford* habe 1775 (eine genauere Zeitangabe fehlt), der philosophischen Gesellschaft zu Edinburgh eine Abhandlung über Salpeter und Salpetersäure vorgelesen, „die mehr als Winke und Andeutungen dieser (*Lavoisier* schen) Lehre" enthielt. (Der Vorname *Rutherfords* wird von *Robison* nicht genannt; auch findet sich nirgends sonst eine Angabe über diese Arbeit: „Über Salpeter und Salpetersäure". Es ist jedoch anzunehmen, dass es derselbe *Rutherford* ist, an dessen Namen sich die Entdeckung des Stickstoffes knüpft.)

Rutherford folgerte aus seinen Versuchen, dass die Lebensluft in allen Säuren vorhanden sei, „und hielt es nicht für unwahrscheinlich, dass sie einen *notwendigen* Bestandteil

der Säure ausmache: und da diese die einzige Substanz war, die man in ihnen allen fand, so schien es ihm wahrscheinlich, „dass sie eben *dadurch zu Säuren würden*". *Robison* zog die notwendige Folgerung, dass ja dann die Schwefelsäure aus Schwefel und Lebensluft bestehen müsste, was er als „Ungereimtheit" ansah. Dies brachte er in seinem Referat über die Arbeit *Rutherfords* zum Ausdruck. „So nahe waren wir damals der Erkenntnis, der wahren Natur der Säure!" schliesst *Robison* diese Mitteilung.

So sehen wir die Ideen, die *Lavoisier* zu einer geschlossenen Theorie ausbaute, schon lange vor ihm in mehr oder weniger klaren Ansätzen ausgesprochen. Es ist ein Nebenpfad der selten, aber immer wieder betreten wird, bis endlich die ganze chemische Entwickelung sich auf *diesem* Weg zusammendrängte und weiterhin in dieser Bahn verlief.

Beurteilung der Phlogistontheorie in der Neuzeit.

Wurde die Phl.-Theorie auch öfters als ein Irrtum, eine schwer verständliche Verirrung beurteilt, so fand sie doch im allgemeinen eine gerechte Auslegung. Indem man die Theorie in der Zeit betrachtet, in der sie entstanden ist, indem man die damals gültigen Voraussetzungen und Umstände berücksichtigt, gelangt man zu dem Verständnis, das *nur* von diesem Standpunkt aus zu erlangen ist, und das jede Epoche als Bindeglied zwischen den vorangegangenen und der nachfolgenden betrachtet.

H. *Kopp* lässt der Phl.-Theorie von diesem Standpunkte aus volle Gerechtigkeit widerfahren, nennt sie eine der wichtigsten Theorien und hebt hervor, dass unter den gegebenen Umständen sie den grössten Nutzen stiften konnte. „Jede Theorie fördert die Wissenschaft, wenn sie etwas richtigeres gibt, als man vorher wusste, und wenn sie ihre Verbesserungen allgemein zu machen weiss." (I. Kopp, Bd. I. S. 265.)

Sahen wir bei *Kopp* ein verständnisvolles Eingehen auf die Phlogistik, so fehlt es auch nicht an mannigfachen Versuchen, diese Lehre unserem heutigen Verständnis nahe zu bringen, und sie von unserem Standpunkt aus zu deuten. So finden wir in den „Comptes rendus" für 1860 (V. Sainte-Claire Deville) die Ausführungen von *H. Sainte Claire*

Deville, der die latente Wärme als diejenige Substanz betrachtet, die die Rolle des Phl. übernehmen kann. „J'ai appelé chaleur latente ou phlogistique la somme de chaleur emmagasinée dans les corps." Die einfachen Körper sind aus Materie und Wärme zusammengesetzt.

Gleichzeitig veröffentlichte die Akademie ein Schreiben von *Baudrimont*, in welchem er sich die Priorität der soeben entwickelten Gedankengänge sichert. (*Baudrimont* war Professor an der Universität *Bordeaux*.)

In einem Aufsatze aus dem Jahre 1870 (Die Begründung der Chemie durch *Lavoisier*. Journal für praktische Chemie. Neue Folge Leipzig 1870) vertritt *Volhard* die Auffassung, das Phl. sei unserem Energiebegriff wesensverwandt. Er unterscheidet das Phl. und die latente Wärme als den chemischen und physikalischen Wärmebegriff, die sich nach langer gegenseitiger Befehdung endlich in dem Energiebegriff der heutigen Zeit vereinigt haben.

Volhard verweist auch darauf, dass die meisten Verbrennungsprozesse von Gewichtsverlust begleitet sind, ausgenommen die Verkalkung. Stahl musste, um das Gemeinsame der Verbrennungsprozesse zu erfassen und hervorzuheben, das letztere Phänomen als für die Verbrennung unwesentlich auffassen.

Lavoisier hatte alle grundlegenden Methoden *(Black)* und alle nötigen Kenntnisse von der Phlogistik bekommen. „Geleitet und getragen von der Idee der Phl.-Theorie hat die Chemie des 18. Jahrhunderts die Summe von chemischen und physikalischen Erfahrungen angehäuft, welche das Verständnis des Verbrennungsprozesses bedingten." (Vl. Volhard, S. 44.)

Der englische Chemiker *Odling* hielt 1871 einen Vortrag unter dem Titel „Über die wiederaufgestellte Phl.-Theorie". Unter Phl. versteht er die potentielle Energie, die ebenso undarstellbar ist, wie z. B. die magnetische Kraft und wie das Phl. *Stahls*.

Für eine gerechte Beurteilung der Phlogistiker, besonders derer, die sich schon mit der *Lavoisierschen* Theorie auseinanderzusetzen hatten, trat Georg W. A. *Kahlbaum* in seiner Monographie „Die Einführung der *Lavoisierschen* Theorie" ein. Er zeigte an Hand zahlreicher Beispiele, dass das Festhalten an der alten Lehre nur solange erfolgte, als es die

Überzeugung, der *Wahrheit* zu dienen, forderte. Insbesondere zeigt *Kahlbaum* die Unrichtigkeit der Behauptung, die von H. *Kopp* aufgestellt und von *Ladenburg* übernommen wurde, dass nämlich der Einführung der „französischen" Lehre in Deutschland besonders grosse, vom nationalen Vorurteil mitbestimmte Hindernisse im Wege gestanden hätten; der Übergang erfolgte in allen Ländern auf ziemlich dieselbe Art und Weise, überall fanden sich einige, die sich *Lavoisier* rasch anschlossen, überall war die Mehrzahl jedoch nur allmählich zur Aufgabe der alten Lehre bereit.

Das Phl. in der Rolle der Energie — das ist der leitende Gedanke *Ohmanns* in dem Artikel „Schwere und Energie in ihrer Beziehung zur Phl.-Theorie" (XXI. Ohmann). — Er schreibt (XXI. S. 26): „Denn in dem calorique *Lavoisiers* haben wir das, was bei dem Vorgang weggeht, das, was ... den Phlogistikern als die Hauptsache des ganzen Vorgangs vorschwebte. In dieses Feurige, dieses Energetische des Vorgangs dringt auch *Lavoisier* nicht ein; er setzt sich mit ihm in der Weise auseinander, dass er dem Grundstoff Gewalt antut und ihn ... zerteilt."

Das auch die Zeitgenossen *Lavoisiers* diese Übereinstimmungen erkannt hatten, davon zeugt z. B. die Bemerkung de la *Métheries* in einem Brief an *Crell:* „Auf diese Art mögte dann das calorique wohl *Stahls* Phlogiston sein, das seinen Namen nur verändert hat." (74/a, Crells Annalen.)

Einschränkend und um Missverständnissen vorzubeugen sagt *Ohmann* (XXI. Ohmann, S. 24): „Wir wollen natürlich nicht den Anachronismus begehen, den Phlogistikern einen Begriff zuzuschreiben, der in seinem ganzen Umfange erst im 19. Jahrhundert erkannt wurde. Es handelt sich hier nur um einen Näherungswert, um eine Entwickelungsstufe des ganzen umfassenden Begriffes, zu der die antike Aufstellung des Feuers als eines Elementes, eines letzten Gegebenen wiederum eine Vorstufe ist."

Eduard *Färbers* Aufsatz „Wärmestoff und Sauerstoff" (XXII.) verfolgte dieselbe Anschauung: „Wir sehen jetzt erst genauer was dieses Ringen um die Beibehaltung des Phl. auch gegenüber den Ansätzen zu einer quantitativen Chemie *eigentlich* bedeutete: Das Phl. ist weitgehend verwandt mit den Eigenschaftsstoffen, ... welche als Ursache bestimmter Eigen-

schaften eingeführt wurden. Es hatte sich allmählich zum „Energiestoff" gewandelt, mit Hilfe dessen die energetischen Verhältnisse bei stofflichen Umwandlungen beschrieben werden sollten."

Schluss.

Diese Arbeit gab einen kurzen Überblick über die Entwickelung der Phlogiston-Theorie, von ihrem Anfang bis zum Siege der *Lavoisier*-schen Lehre, von *Becher* und *Stahl* über diejenigen Forscher, die das Phlogiston noch widerspruchslos annahmen, bis zu denjenigen, die immer mehr gezwungen wurden, den Begriff des Phl. den fortschreitenden chemischen Kenntnissen anzupassen. Wir sahen, wie verschieden, im Laufe der Entwickelung, das Phl. von dem ursprünglich konzipierten wurde. Nur eine Eigenschaft hat es immer beibehalten: es diente zur Erklärung derjenigen Vorgänge, die wir heute als die *energetischen* bezeichnen. Wir sahen auch, dass das Phl. in dieser Rolle, wenn auch unter verändertem Namen, seine Existenz weiter führte.

Kurz zusammengefasst, ist von der Phl. Theorie etwa Folgendes zu sagen: *Bechers* „Physica Subterranea" (1669) enthält die Elemente der von *Stahl* entwickelten Lehre. *Becher* nimmt als Urelement das Wasser und die Erde an; letztere ist dreierlei, die verglasbare, die mercurialische und die fette. Aus der letzteren, die in allen brennbaren Körpern enthalten ist, macht *Stahl* das Phl. als Prinzip der Brennbarkeit. Sein hauptsächlichstes Argument ist die Herstellung des Schwefels aus der Schwefelsäure mittels der fetten Erde. Die Fettigkeit hat hier die Rolle, das bei der Verbrennung entwichene Phl. zu ersetzen. Die Verkalkung, Gärung und die Atmung werden ebenfalls als phlogistische Prozesse angesehen. Dies ist der Hauptwert der Theorie, dass sie wirklich analoge Vorgänge unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zusammenfasst.

Überall dort, wo wir heute eine Oxydation annehmen, nahmen die Phlogistiker das Entweichen des hypothetischen Stoffes Phlogiston an.

Schwieriger wurde diese Art der Erklärung, als die grosse Menge zutage geförderter chemischer Tatsachen nicht mehr recht mit diesem unfassbaren Stoff in Einklang zu

bringen war. Da das Phl. sozusagen ein negativer Sauerstoff war, ist es erklärlich, dass es als Wasserstoff oder als Kohlenstoff (Reduktion) identifiziert wurde. Damit stimmte natürlich manches Andere nicht überein, z. B. ist ein Kohlenstoffgehalt in allen brennbaren Körpern *nicht* nachzuweisen; in einem Falle liefert der brennbare Körper fixe Luft, im anderen phlogistischen Prozess entsteht diese nicht. — Andere Systeme betonen eher die andere Seite des Phl., indem es zur Erklärung der sichtbaren Erscheinungen beim Verbrennen dient. Es wird als Licht oder als Wärmematerie angesehen, manchmal als aus beiden bestehend. Hierdurch wird das Phl. zu einer imponderablen Materie. Die Beschäftigung mit der Wärme fördert aber auch hier Tatsachen zutage, die dieser Auffassung nicht günstig sind *(Crawford)*. Auf der einen Seite wird also das Phl. als konkrete Materie immer mehr aus seiner Rolle als allgemeines „Prinzip" verdrängt, andererseits kann es seine Position als imponderable Materie auch nicht halten.

Diese Widersprüche löst die neue Verbrennungstheorie von *Lavoisier*. Zwei fundamentale Tatsachen sind es, worauf sie sich aufbaut: die Darstellung von Sauerstoff aus einigen Metallkalken, die auffallenden Verbrennungserscheinungen in diesem, von *Scheele* und *Priestley* entdeckten Gas und die Verbrennung des Wasserstoffes zu Wasser, also die Zusammengesetztheit dieser Materie, die immer als Element gegolten hatte. So konnte die Entwickelung der brennbaren Luft beim Lösen von Metallen in Säuren erklärt werden. Diese Entdeckung knüpft sich an die Namen *Cavendish* und *Watt*. *Lavoisier* legte einen besonders grossen Nachdruck auf die Rolle der Gewichtsverhältnisse, was schon vor ihm J. *Black* getan hatte. Sobald diese eine entscheidende Rolle spielten, konnte das Phl. in keiner seiner alten Formen mehr bestehen. Wir finden es aber im „calorique" wieder, in dem Bestandteil des Sauerstoffes, der die Wärmeentwickelung bei der Verbrennung erklären sollte.

Natürlich konnte die alte, allgemein herrschende Theorie nicht von heute auf morgen verschwinden. Es gibt mannigfache Systeme, die die alte Theorie mit der neuen verschmelzen wollen, indem sie zwar zugeben, dass die Verkalkung und das Brennen in einer Oxydation besteht, gleichzeitig aber das

Phl. heranziehen, um die auftretende Wärme und das Licht damit zu erklären. Erst allmählich gelingt es, das Phl. aus seiner alten Position ganz zu verdrängen.

Der zweite Teil bemühte sich zu zeigen, dass es falsch ist, den Phlogistikern allgemein die Annahme der negativen Schwere zuzuschreiben. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich, dass diese Fälle die Minderheit ausmachen; und in den meisten bisher als hierher gehörig verzeichneten Fällen können wir einen Irrtum, die Verwechslung des spezifischen und absoluten Gewichts, feststellen, aber nicht die eben erwähnte Annahme, die allen physikalischen Gesetzen zuwiderläuft.

Der dritte Teil der Arbeit war denjenigen Forschern gewidmet, die schon vor und während der Vorherrschaft der Phl.-Theorie eine andere Auffassung von der Verbrennung und anderen analogen Prozessen verfochten. Sie nahmen meistens beim Brennen und Verkalken die Vereinigung mit einem Luftbestandteil an, der als salpetriger oder schwefeliger Art angenommen wurde. Der beutendste dieser Forscher, John *Mayow*, entwickelte seine Ideen zu derselben Zeit wie *Becher*. Es bot sich der chemischen Entwickelung also auch der Weg dar, der zu der heute gültigen Auffassung der Verbrennung führt. Wie die Arbeit zeigt, wurde die von der Phl.-Theorie abweichende Auffassung immer wieder vertreten, nicht nur von Forschern, die auch bisher als die Vorläufer *Lavoisiers* bekannt waren, sondern auch von anderen, bisher gänzlich unbekannten, oder von solchen, die nicht in diese Linie eingereiht wurden.

Die Phl.-Theorie hatte mit dem Auftreten der richtigen Erkenntnis der Verbrennungsvorgänge ihre Aufgabe erfüllt. Wir können ihr ebenso wenig eine falsche Richtung als Tadel, wie eine geniale Voraussicht unserer Erkenntnisse und Begriffe als Annerkennung nachsagen. Sie wollte, wie jede Epoche, der Wahrheit näher kommen, und wenn sie dabei an der Wahrheit vorbei ging, so tat sie es in nicht grösserem Maasse, als es in der Natur ihrer Entwickelungsstufe stand.

Die Phlogistik war ein grosser Fortschritt. Sie war die erste gute, weil brauchbare Theorie. Sie ermöglichte eine Fülle neuer Entdeckungen und wurde, als die Entwickelung es verlangte, von der neuen Theorie abgelöst. Aber, wie dies schon *Volhard, Färber* und andere betonen, die phlogistische

Aera lieferte sowohl die Kenntnisse wie die Methoden, die der neuen Theorie zum Leben und zum Siege verhalfen. Sie war die notwendige Stufe in der Reihe der unaufhörlichen Entwickelung. Dies ist ihr Verdienst, und wir wollen ihr keines zusprechen, das sie nicht beanspruchen kann, das sie sogar zurückweisen müsste. Denn die Phlogistontheorie hat es nicht nötig, sich von hineingedeuteten Ideen rehabilitieren zu lassen.

I. Hermann Kopp, Geschichte der Chemie. 4. Bde. Braunschweig 1843—47.

II. Hermann Kopp, Beiträge zur Geschichte der Chemie, Braunschweig 1869—75.

III. Hermann Kopp, Entwickelung der Chemie in der neueren Zeit. München 1873.

IV. Ferdinand Höfer, Histoire de la Chimie, Paris 1842—43.

IV. a) Joh. S. T. Gehler, Physikalisches Wörterbuch, neu bearb. Bd. 1—10. Leipzig 1825—44.

V. Hilaire de Sainte—Claire Deville. Comptes rendus tom. 50. 1860 S. 534

VI. Volhard, Die Begründung der Chemie durch Lavoisier. Journal für praktische Chemie, neue Folge. Leipzig 1870.

VII. Odling, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. IV., 1871., S. 421.

VIII. F. Rosenberger, Die Geschichte der Physik in Grundzügen. 3 Teile. Braunschweig 1882.

IX. Kurd Lasswitz, Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton, 2 Bde. Hamburg und Leipzig 1890.

X. Ad. Erik Nordenskiöld. (Hrsgb.) Karl Wilhelm Scheele, Nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen. Übersetzt v. Paul Berndt. Stockholm 1892.

XI. Georg W. A. Kahlbaum und August Hofmann, Die Einführung der Lavoisierschen Theorie im Besonderen in Deutschland (Monographien aus der Gesch. der Chem. 1. Heft). Leipzig 1897.

XII. B. N. Menschutkin, M. W. Lomonossow, der erste russische Chemiker und Physiker. Annalen der Naturphilosophe. Hrsgb. von Wi. Ostwald, Bd. 4. S. 204. Leipzig 1905.

XIII. John Ferguson, Biblioteca chemica. Glasgow 1906.

XIV. S. M. Jörgensen, Die Entdeckung des Sauerstoffe. Stuttgart 1909.

XV. Max Speter, Lavoisier und seine Vorläufer. Eine historisch-kritische Studie. Stuttgart 1910.

XVI. Edward Thorpe, Essays in historical chemistry, London 1911.

XVII. Ernst Bloch, Descartes und die Cartesianer. Isis, Revue consacrée á l'histoire de la science, publiée par George Sarton, 1913.

XVIII. E. Gerland, Geschichte der Physik von den ältesten Zeiten bis zum Ausgange des 18. Jahrhunderts, München und Berlin 1913.
XIX. Ernst von Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegewart. Leipzig 1914.
XX. Eduard Färber, Die geschichtliche Entwickelung der Chemie. Berlin 1921.
XXI. O. Ohmann, Schwere und Energie in ihrer Beziehung zur Phl.-Theorie. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften Bd. 9., 1920/22.
XXII. Eduard Färber, Wärmestoff und Sauerstoff. Studien zur Geschichte der Chemie. E. O. von Lippmann zum 70. Geburtstag dargebracht. Hrsgb. v. J. Ruska, Berlin 1927.
XXIII. Günther Bugge, (Hrsgb.) Das Buch der grossen Chemiker. Berlin 1930.
XXIV. Allgemeine Deutsche Biographie, 56 Bde., Leipzig 1875—1912.
XXV. Biographie universelle (Michaud) ancienne et moderne. Paris et Leipzig 1842—1865.
XXVI. Dictionary of national Biography. Edited by Leslie Stephen and Sidney Lee, London 1885—1912.
XXVII. Edward Smedly, (Hrsgb.) Encyclopaedia Metropolitana or universal Dictionary of Knowledge, London 1829.

1. Jean Rey, Essay sur la recherche de la cause, pour la quelle l'Estain et le Plomb augment de poids quand on les calcine, Bazas 1630.
2. Ralph Bathurst, Praelectiones tres de Respiratione. Oxoniae 1654. Enthalten in: The life and literary Remains of Ralph Bathurst M. D. dean of Wells by Thomas Warton M. A. London 1761.
3. Robert Boyle, Der skeptische Chemiker (the sceptical chymyst. deutsch) verkürzt hrsg. und übers. v. Eduard Färber und Moritz Färber, Leipzig 1929. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften 929.)
4. Robert Hooke, Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies, made by magnifying glasses, London 1665.
5. Kenelmus Digby, Dissertatio de Plantarum Vegetatione, habita in Collegio Greshammensi per K. Dygbaeum Equitem ad diem 23. januarii 1660. In Conventu societatis philosophiam experimentis promovendi gratia. Ex anglica in linguam latinam versa. Amstelodami, apud Jodocum Pluymert anno 1669.
6. John Mayow, Tractatus duo: Quorum prior agit de Respiratione (Oxoniae 1669) Alter: De Rachitide (Oxoniae 1668).
7. John Mayow, Tractatus quinque medico-physici... Oxoniae 1674.
8. John Mayow, Chemisch-physiologische Schriften aus dem lat. übers. v. Dr. Joh. Koellner, Jena 1799.
9. John Mayow, Untersuchung über den Salpeter. Hersg. von

Dennau. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig 1901. 125.
10. Johann Joachim Becher. Acta Laboratorii chymici Monacensis seu Physica Subterranea. Francfort ad Moenum 1669.
11. Johann Joachim Becher, Oedipus chimicus oder chymischer Rätseldeuter, 1680.
12. Johann Joachim Becher, Mineralisches A. B. C. oder vierundzwanzig chymische Theses. Aus dem lat. ins deutsche übers. Nürnberg und Altdorff 1723.
13. Nicolaus Pechlin, De aeris et alimenti defectu et vita sub aquis meditatio. Kilonii 1676.
14. Lodovico Maria Barbieri, Osservazioni e rilievi fatti sull' opera di Ludovico Maria Barbieri, Imola 1829. Neudruck der Schrift: Spiritus nitro-aerei operationes in microcosmo. Lod. M. Barberius Imolensis philosophiae et medicinae Doctor, Bononiae, 1680.
15. Heinrich Mund, Biochristologia, seu Commentarii de aere vitali, de esculentis, de potulentis. Oxoniae 1680.
16. Georg Ernst Stahl, Zymotechnia fundamentalis oder... Gärungs-Kunst. Aus dem lat. Frankfurt 1697.
17. Georg Ernst Stahl, Spezimen Beccherianum, sistens fundamenta, documenta, experimenta, quibus principia mixtionis subterraneae... demonstrantur. Lipsiae 1702.
18. Georg Ernst Stahl, Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit vom sogenannten Sulphure, Halle 1718.
19. Georg Ernst Stahl, Experimenta Observationes, animadversiones CCC numero chymiae et physicae. Berol. 1731.
20. Georg Ernst Stahl, Beweis von den Salzen, dass dieselben aus einer zarten Erde mit Wasser innig verbunden bestehen. 1738. (Benutzt die zweite Auflage von J. J. Lange. Halle. 1765.)
21. Johann Bernoulli, Viri celeberrimi J. Bernoulli Matheseos professoris Basiliensis Dissertationes. Venetii 1721.
22. Friedrich Hofmann, Observationum physico-chymicarum libri 3. Halle 1722.
23. Sénac, Nouveau cours de chimie suivant les principes de Newton et de Stahl. Paris 1723.
24. Georg Friedrich Stabel, Georgii Fr. Stabelii chymiae dogmatico-experimentalis, Tomus prior. 1728. Halae. Magdeb.
25. Friedrich Teichmeyer, Institutiones chemiae Dogmat. et experimentalis. Jenae 1729.
26. Johann Junker, Conspectus chemiae, teoretico-practicae... 2. Bde. Halle 1730/34.
27. Hermann Boerhave, Anfangsgründe de Chemie. Hannover 1755.
28. Johann Kaspar Neumann, Lectiones Publicae. Von vier Subjectis Chymicis, nämlich vom Salpeter, Schwefel, Spiessglas und Eisen. Berlin 1732.
29. Histoire de l'Academie Royal des Sciences. Depuis son établissement en 1666 jusqu'á 1686. Paris 1733.
30. Michailo W. Lomonossow, Physikalisch-chemische Abhandlungen M. W. Lomonossows 1741/52. Aus dem lat. und russ. mit Anmerkungen hrsg. von B. N. Menschutkin und Max

Speter. Leipzig 1910. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, No. 178.)
31. Johann Heinrich Pott, Chymische Untersuchungen von der Lithogeognosia und vom Feuer und Lichte. Potsdam 1746.
32. Laurent Beraud. Dissertation sur la cause de l'augmentation de poids, que certaines matiéres aquiérent dans la calcination. La Haye 1748.
33. Demachy, Elements de chimie, suivant les principes de Becker et de Stahl, traduits du latin sur la II. édition de M. phil. Junker, 1757.
34. Heinrich Theodor Scheffer, Anmerkungen über die Untersuchungen, welche Herr Lewis in die Philosophical Transactions wegen des Metalles Platina di Pinto hat einrücken lassen. Der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften Abhandlungen auf das Jahr 1757. Deutsche Übersetzung von A. G. Kästner. S. 303.
35. Andreas Sigismund Markgraf, Chymische Schriften, Berlin 1761.
36. Johann Theodor Eller, Physikalisch-chemische Abhandlungen. Berlin 1764.
37. Johann Friedrich Meyer, Chymische Versuche zur näheren Erkenntnis des ungelöschten Kalkes. 1764.
38. Ribaptome, Lettre adressée a MM. les Editeurs du „Journal des Savants"... 1767.
39. Chardenon, Lettre de M. Chardenon Docteur agrégé au College de Médecine de Dijon... en reponse á celle de M. Ribapotme, inserée dans le „Journal des Savants" du mois de décembre 1767, sur l'augmentation de poids des matiéres calcinées. Journal des Savants 1768. In 4. S. 648.
40. Chardenon, Mémoire sur l'augmentation de poids de métaux d l'Académie de Dijon 1769, Bd. 1. S. 303.
41. Johann Karl Wilcke, Der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften Abhandlungen aus der Naturlehre... auf das Jahr 1772. Aus dem Schw. übersetzt von Abraham Gotth. Kästner. S. 101.
42. Jacquin, Précis résonné de Memoire de Jacquin, Professeur de Chimie a Vienne, dans lequel cet auteur discute la doctrine de M. Meyer sur l'acidum pingue et établie... celles du Dr. Black. Rozier, Observations sur la physique 1773. Bd. 1. S. 123.
43. Précis de la doctrine de M. Meyer, sur le acidum pingue. Rozier, Observations sur la Physique, 1743. Bd. 2. S. 30.
44. Précis de la doctrine de M. Morveau, sur le Phlogistique et observations sur cette doctrine. Rozier, Observations sur la Physique, 1773, Bd. 2. S. 281/91.
45. Joseph Black, Letter to Sir John Pringle, Royal Transactions for the Year 1775.
46. Karl Wilhelm Scheele, Sämtliche physische und chemische Werke, nach dem Tode des Verfassers gesammelt und in deutscher Sprache hrsg. von ...Sig. Fr. Hermbstädt, Prof. zu Berlin, 2. Bde. Berlin 1793.
47. John Priestley, Observations sur differentes espéces d'air.

Traduit par Gibeline. Paris 1777/80.
48. Christian Friedrich Daniel, Versuch einer Theorie der wichtigsten Beobachtungen aus der Naturlehre, die man zum Teil durch fixe Luft oder fette Säure zu erklären bemüht war. Halle 1777.
49. Joseph Pierre Macquer, Dictionnaire de Chimie. 2. Ed. Tom. 1—4. Paris 1778.
50. Adair Crawford, Experiment and observations of animal heat and the Inflammation of combustible bodies. London 1779.
50 a) Joh. Carl Wilcke, Neue Abhandlungen der Schwedischen Akad. der Wissenschaften. Übersetzt von G. A. Kästner. Auf das Jahr 1781, Bd. III. S. 48.
51. Adair Crawford, Über die Wärme der Tiere und die Entzündung der verbrennlichen Körper. Übers. v. Lorenz Crell. Leipzig 1789.
52. Heinrich Theophil Scheffer, Chemische Vorlesungen über die Salze, Erdarten, Wasser... Übers. v. Dr. Chr. E. Weigel. Greifswald 1779.
53. Marquer—Leonhardi, Chemisches Wörterbuch von Dr. Joh. Gottfr. Leonhardi, 6 Teile, Leipzig 1781/83.
54. Richard Kirwan, Versuche und Beobachtungen über die Natur des Phlogiston Übers. aus dem Engl. von Lorenz Crell. Brelin und Stettin 1783.
55. Joseph Priestley, Experiments relating to phlogiston on the seeming conversion of water into air. London 1784.
56. Lorenz Crell, Neueste chemische Entdeckungen, Leipzig 1781. bis 1784, 12. Teile.
56. a) Lorenz Crell, Chemische Annalen. Helmstädt 1784/1803. 35. Bände.
56. b) Lorenz Crell, Beiträge für die chemischen Annalen. Helmstädt 1786/94. 5. Bde.
57. Lorenz Crell, Neueste Entdeckungen 1784. S. 92.
58. Lorenz Crell, Neueste Entdeckungen 1784. S. 3.
59. Lorenz Crell, Neueste Entdeckungen 1784. S. 5.
60. Lorenz Crell, Neueste Entdeckungen 1784. S. 155.
61. Lorenz Crell, Annalen. 1784. Bd. 2, S. 287.
62. Lorenz Crell, Chemische Annalen. Bd. 2, S. 357.
63. Sven Rinmann, Versuch einer Geschichte des Eisens. Berlin 1785.
64. Lorenz Crell, Annalen. 1785. Bd. 1, S. 230.
65. Karl Albert Gren, Dissertatio inauguralis circa Genesin aeris fixi et phlogisticati. Halae 1786.
65. a) Lorenz Crell, Annalen. 1786, Bd. 1, S. 526.
65. b) Lorenz Crell, Annalen. 1787, Bd. 2. S. 53. ff.
66. Lorenz Crell, Annalen. Brief von Blagden. 1788, Bd. 2, S. 49.
67. Lorenz Crell, Annalen. 1789, Bd. 2, S. 46.
68. Lorenz Crell, Annalen. 1789, Bd. 2, S. 275.
69. Lorenz Crell, Annalen. 1789, Brief von Dolfuss. 1790, Bd. 1, S. 201.
70. Lorenz Crell, Annalen. 1790, Bd. 2, S. 382.
71. Karl Friedrich Hindenburg, Oratio, qua ostenditur Phlo-

giston et calorem non esse materias absolute leves. Leipzig 1790.
72. Friedrich Wolff, (Übersetzer), Antiphlogistische Anmerkungen zu Kirwans Abhandlung über das Phlogiston von Morveau, Lavoisier, Bertollet etc. Aus dem Franz. und Engl. Berlin 1791.
73. Lorenz Crell, Annalen. 1791, Bd. 2, S. 387. ff.
74. a) Lorenz Crell, Annalen. 1792, Bd. 1, S. 256.
75. Lorenz Crell, Annalen. 1793, Bd. 1, S. 158.
76. Lorenz Crell, Annalen. 1793, Bd. 1, S. 540.
77. Lorenz Crell, Annalen. 1793, Bd. 2, S. 336.
78. Lorenz Crell, Annalen. 1794, Bd. 1, S. 313.
79. Lorenz Crell, Annalen. 1795, Bd. 1. S. 291.
80. Lorenz Crell, Annalen. 1795, Bd. 1, S. 287.
81. Lorenz Crell, Annalen. 1795, Bd. 2, S. 427.
82. Lorenz Crell, Annalen. 1795, Bd. 1, S. 287, 391, 479.
83. Lorenz Crell, Annalen. 1796, Bd. 1, S. 247. ff.
84. Karl Christian v. Langsdorf, Physikalisch-mathematische Abhandlung über Gegenstände der Wärmelehre, Marburg 1796.
85. Lorenz Crell, Annalen. 1796, Bd. 1, S. 291, 395, 511.
86. Lorenz Crell, Annalen. 1797, Bd. 1, S. 186.
87. Lorenz Crell, Annalen. 1798, Bd. 2, S. 308.
88. Richard Kirwan, Physisch-chemische Schriften. Aus dem Engl. von Lorenz Crell. 5. Bde. Berlin 1799/1801.
89. Lorenz Crell, Chemische Annalen. 1802, Bd. 1, S. 227.
90. Lorenz Crell, Chemische Annalen. 1802, Bd. 1. S. 228.
91. Lorenz Crell, Chemische Annalen. 1802, Bd. 2, S 20.
92. Nicholson, „Journal of natural Philosophy" London 1803, Bd. 6, S. 25.
93. Joseph Black, Vorlesungen über die Grundlehre der Chemie. Aus seiner Handschrift hersg. v. J. Robison. Aus dem Engl. übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Lorenz Crell. 4. Bde. Hamburg 1804.

Lebenslauf.

Ich wurde am 18. Dez 1903 in Mährisch-Ostrau (Tschechoslovakei) als Tochter des Ingenieurs B. Politzer, (gest. 1919) geboren. Meine Schulen besuchte ich teils in Österreich teils in Ungarn. Das Reifezeugnis erwarb ich 1921 in Miskolcz (Ungarn), am ref. Mädchengymnasium. — Im selben Jahr inskribierte ich an der deutschen techn. Hochschule in Brünn, setzte dann nach 2 Semestern das Chemiestudium an der Universität Leipzig fort, und erwarb hier das erste und das zweite Verbandsexamen. In Leipzig arbeitete ich im Institut für angewandte Chemie unter Geheimrat Paal. Durch finanzielle Schwierigkeiten gezwungen, musste ich das Studium zweimal, für je 2 Semester unterbrechen.

Im Jahre 1929 immatrikulierte ich an der Universität Berlin, arbeitete zuerst im ersten Chemischen Institut der Universität, unter Hofrat Schlenk, später unter Anleitung von Herrn Geheimrat Lockemann. Vorliegende Dissertation führte ich 1930—32 aus.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Lockemann meinen besten und aufrichtigsten Dank auszusprechen, nicht nur für die Anregung zu dieser Arbeit, sondern auch für die Anleitung und Förderung, die mir von seiner Seite in reichem Maasse zuteil wurde.

MISKOLCI KÖNYVNYOMDA RT